

Concepts de base de Snapper

CONTENU

Cet article décrit les concepts de base de l'outil Snapper utilisé pour créer et gérer des instantanés du système de fichiers Btrfs.

MOTIF

Cet article fournit une présentation de base de Snapper, de ses interfaces prises en charge et de ses principales fonctions. Il fournit également des informations sur les paramètres par défaut pour les instantanés sous SUSE Linux Enterprise Server.

EFFORT

Un maximum de 20 minutes est nécessaire pour comprendre Snapper et sa configuration par défaut.

CONDITIONS REQUISES

- Des privilèges root ou sudo
- Snapper doit être installé. Il est disponible par défaut sur SUSE Linux Enterprise Server.
- Une taille de partition root (/) d'au moins 16 Go. La taille de la partition root dépend du produit. Nous recommandons vivement un minimum de 50 Go.



Remarque

Cet article est le premier de la série d'articles sur Snapper. Dans les articles suivants, nous aborderons des cas d'utilisation courants tels que l'annulation des modifications, la restauration du système, la création et la gestion manuelles d'instantanés, le nettoyage automatique des instantanés, etc. Chaque article s'appuie sur les connaissances acquises grâce aux précédents articles, permettant ainsi progressivement de mieux comprendre l'outil Snapper.

Date de publication : 11 déc 2025

Table des matières

- 1 Concepts essentiels des instantanés et des sous-volumes Btrfs 3
- 2 Présentation de Snapper 3
- 3 Configuration par défaut de Snapper 7
- 4 Informations supplémentaires 12
- 5 Mentions légales 12
- A GNU Free Documentation License 13

1 Concepts essentiels des instantanés et des sous-volumes Btrfs

Les sous-volumes Btrfs sont des systèmes de fichiers montables séparément au sein d'une partition physique. Le système de fichiers Btrfs est configuré avec des sous-volumes par défaut. Les instantanés dans Btrfs sont un type de sous-volume qui partage des données avec un autre sous-volume. Ils sont créés à l'aide des fonctionnalités de copie sur écriture de Btrfs, ce qui permet de les créer rapidement avec une utilisation minimale de l'espace disque. Les instantanés peuvent être utilisés pour capturer l'état d'un système de fichiers à un moment donné et pour revenir à un état antérieur si nécessaire.

Un sous-volume Btrfs possède sa propre hiérarchie de fichiers et de répertoires. Contrairement aux volumes logiques LVM, qui fonctionnent au niveau des blocs, les sous-volumes Btrfs sont basés sur les étendues de fichiers. Un instantané est également considéré comme un sous-volume, portant le contenu initial du sous-volume d'origine. Les sous-volumes apparaissent sous forme de répertoires et peuvent être manipulés comme tout autre répertoire, y compris en les renommant ou en les déplaçant.

L'un des principaux objectifs des sous-volumes est d'être explicitement inclus ou exclus des instantanés. Lorsque vous utilisez un instantané pour restaurer le système, nous devons nous assurer que les données telles que les répertoires privés des utilisateurs, le contenu des serveurs Web et FTP ou les fichiers journaux, ne sont pas perdues ou écrasées lors d'un retour à l'état initial. Cela est possible en excluant certains sous-volumes Btrfs des instantanés. Vous trouverez plus d'informations et la liste des sous-volumes exclus à la [Section 3.3, « Sous-volumes exclus des instantanés »](#).

2 Présentation de Snapper

Snapper est un outil qui aide à créer et gérer des instantanés de système de fichiers. Les instantanés de système de fichiers permettent de conserver une copie de l'état d'un système de fichiers à un moment donné. Snapper peut créer et comparer des instantanés, inverser les instantanés et prendre en charge les chronologies des instantanés automatiques. Snapper ne modifie jamais le contenu des instantanés.

La configuration standard de Snapper est conçue pour permettre l'annulation des modifications du système. Toutefois, vous pouvez également l'utiliser pour créer des sauvegardes sur disque des données utilisateur. Comme base pour cette fonctionnalité, Snapper utilise deux types de systèmes de fichiers :

- Btrfs, un système de fichiers de copie sur écriture pour Linux qui prend en charge en mode natif les instantanés de système de fichiers des sous-volumes.
- Des volumes LVM à provisionnement dynamique, formatés avec XFS et ext4.



Remarque

Vous pouvez également démarrer à partir d'instantanés Btrfs.

2.1 Possibilités de Snapper

Snapper a une interface de ligne de commande, ce qui vous permet de créer, de supprimer et de comparer des instantanés, ainsi que d'annuler les modifications apportées entre les instantanés. Snapper vous permet d'effectuer les tâches suivantes :

- Annuler les modifications système effectuées par zypper.
- Restaurer les fichiers à partir des précédents instantanés.
- Effectuer un retour à l'état initial du système en démarrant à partir d'un instantané.
- Créer et gérer manuellement des instantanés, dans le système en cours d'exécution.
- Effectuer un nettoyage automatique des instantanés.

2.2 Types d'instantanés

Il existe deux aspects selon lesquels les instantanés peuvent être classés : les événements déclenchant l'instantané et l'heure de création de l'instantané.

TYPES D'INSTANTANÉS BASÉS SUR LES ÉVÉNEMENTS DÉCLENCHEURS

Bien que les instantanés proprement dits ne diffèrent pas d'un point de vue technique, nous distinguons trois types d'instantanés, en fonction des événements qui les déclenchent.

Instantanés d'installation

Chaque fois qu'un ou plusieurs paquet sont installés, des instantanés sont créés de la manière suivante :

- L'instantané 0 single existe toujours dans Snapper. Il fait toujours référence à l'état actuel du système, comme indiqué dans la colonne Description. Cet instantané capture l'état du système juste après la fin du processus d'installation.
- L'instantané 1 single pour la partition root (/) est pris automatiquement avec le nom first root filesystem. Cet instantané est pris après la première série de mises à jour ou de configurations du système.
- L'instantané 2 single est pris automatiquement avec le nom after installation. Cet instantané est créé vers la fin du processus d'installation et signalé comme important. Il représente l'état du système à l'issue de toute la configuration initiale.

Les anciens instantanés sont automatiquement supprimés. Par défaut, les dix derniers instantanés importants et les dix derniers instantanés « standard » (y compris les instantanés d'administration) sont conservés. Les instantanés d'installation sont activés par défaut. Pour désactiver manuellement les instantanés d'installation, désinstallez le paquet snapper-zypp-plugin.

Instantanés d'administration

Chaque fois que vous apportez des modifications au système, une paire d'instantanés est créée : une paire avant la modification du système (« avant ») et l'autre après la modification du système (« après »). Les anciens instantanés sont automatiquement supprimés. Par défaut, les dix derniers instantanés importants et les dix derniers instantanés « standard » (y compris les instantanés d'installation) sont conservés. Les instantanés d'administration sont activés par défaut.

Instantanés chronologiques

Un instantané unique est créé toutes les heures. Les instantanés chronologiques sont activés par défaut, sauf pour le système de fichiers racine. Les intervalles par défaut pour les instantanés chronologiques sont chaque heure, chaque jour, chaque semaine, chaque mois et chaque année. Pour modifier ces intervalles, les utilisateurs doivent modifier directement les minuteurs `systemd` de Snapper, car cette action ne peut pas être configurée dans Snapper proprement dit. Les anciens instantanés sont automatiquement supprimés. Par défaut, le premier instantané des dix derniers jours, mois et années est conservé.



Important : exception pour les types d'instantanés d'installation et d'administration

Les types d'instantanés d'installation et d'administration ne s'appliquent pas aux systèmes transactionnels.



Remarque

Les instantanés chronologiques et d'administration peuvent être activés ou désactivés indépendamment.

TYPES D'INSTANTANÉS BASÉS SUR L'HEURE DE CRÉATION

Parmi les instantanés d'administration et d'installation, Snapper en reconnaît trois types différents : avant, après et unique. Ils n'ont pas de différence physique, mais Snapper les traite différemment.

pre

Instantané d'un système de fichiers *avant* une modification. Chaque instantané pre a un instantané post correspondant. Par exemple, celui-ci est utilisé pour les instantanés automatiques.

post

Instantané d'un système de fichiers *après* une modification. Chaque instantané post a un instantané pre correspondant. Par exemple, celui-ci est utilisé pour les instantanés automatiques.

single

Instantané autonome. Par exemple, celui-ci est utilisé pour les instantanés automatiques horaires. Il s'agit du type par défaut lors de la création d'instantanés.

Voici la liste des instantanés directement après une nouvelle installation d'un système avec une partition root > 16 Go :

#	Type	Pre #	Date	User	Used Space	Cleanup	Description
0	single			root			current

```

1 | single | | Thu Mar 24 12:14:34 2022 | root | 32.44 MiB | | first root
  filesystem |
2 | single | | Thu Mar 24 12:25:55 2022 | root | 280.40 MiB | number | after
  installation | important=yes
45 | pre | | Mon Apr 25 17:58:45 2022 | root | 27.52 MiB | number |
  zypp(zypper) | important=yes
46 | post | 45 | Mon Apr 25 18:00:07 2022 | root | 39.04 MiB | number |
  | important=yes

```

2.3 Création d'instantanés

Lorsqu'un instantané est créé, l'instantané et l'original pointent vers les mêmes blocs dans le système de fichiers. Ainsi, au départ, un instantané n'occupe pas d'espace disque supplémentaire. Si les données du système de fichiers d'origine sont modifiées, les blocs de données changés sont copiés tandis que les anciens blocs de données sont conservés pour l'instantané. Par conséquent, un instantané occupe la même quantité d'espace que les données modifiées. La quantité d'espace allouée à un instantané augmente donc constamment au fil du temps. Par conséquent, la suppression de fichiers d'un système de fichiers `Btrfs` contenant des instantanés peut ne *pas* libérer d'espace disque !



Remarque : emplacement des instantanés

Un instantané réside toujours sur la partition ou le sous-volume sur lequel il a été pris. Il n'est pas possible de stocker des instantanés sur un autre système de fichiers.

Dès lors, les partitions contenant des instantanés doivent être plus grandes que celles n'en contenant pas. La quantité exacte dépend fortement du nombre d'instantanés que vous conservez et de la quantité de modifications de données. En règle générale, attribuez à une partition le double de l'espace que vous utiliseriez normalement. Pour éviter que les disques ne soient saturés, les anciens instantanés sont automatiquement nettoyés.

3 Configuration par défaut de Snapper

Découvrez la configuration par défaut de Snapper et ses paramètres par défaut.

Snapper est configuré comme un outil d'annulation et de récupération pour les modifications système. Par défaut, la partition root (/) de SUSE Linux Enterprise Server est formatée avec `Btrfs`. La prise d'instantanés est automatiquement activée si la partition root (/) est suffisamment grande (plus de 16 Go environ). Par défaut, les instantanés sont désactivés sur les partitions autres que /.

Important

Il est déconseillé d'activer les instantanés manuellement après l'installation du système avec des instantanés. L'activation de Snapper après l'installation entraîne une configuration différente de celle décrite ici.

Astuce : vérification de la taille de la partition root

La taille de la partition root dépend du produit. Pour connaître l'espace disque occupé par la partition root, exécutez :

```
> df -h
```

3.1 Paramètres par défaut de Snapper

Par défaut, Snapper sur SUSE Linux Enterprise Server est automatiquement configuré lors de l'installation du système si les conditions suivantes sont remplies :

- Taille de la partition root : > 16 Go
- Système de fichiers de la partition root : `Btrfs`

Les instantanés sont créés pour la partition root uniquement et certains répertoires sont exclus au moyen de sous-volumes. Pour obtenir la liste des sous-volumes exclus, reportez-vous à la [Section 3.3, « Sous-volumes exclus des instantanés »](#) Pour plus d'informations sur les types d'instantanés, l'heure et les événements ayant occasionné leur création, consultez la [Section 2.2, « Types d'instantanés »](#).

Snapper fournit des algorithmes de nettoyage automatique des instantanés pour éviter de manquer d'espace sur la partition root. Ces algorithmes font la distinction entre les instantanés chronologiques et les instantanés *numérotés* (paires d'instantanés d'administration et d'installation). Le comportement de nettoyage peut être configuré en fonction des critères suivants :

- Limite de nombre : le système peut être configuré pour supprimer automatiquement les anciens instantanés lorsqu'un certain nombre d'instantanés est atteint.
- Limite d'ancienneté : les anciens instantanés peuvent être supprimés s'ils dépassent un certain âge, tout en conservant un nombre d'instantanés pour chaque période (horaire, quotidienne, mensuelle, annuelle).
- Paires d'instantanés Pre et post : les paires d'instantanés pre et post qui ne diffèrent pas peuvent être supprimées automatiquement.

Pour les instantanés numérotés, qui incluent des paires d'instantanés d'administration et d'installation, le nettoyage est contrôlé par des paramètres tels que `NUMBER_CLEANUP`, `NUMBER_LIMIT`, `NUMBER_LIMIT_IMPORTANT` et `NUMBER_MIN_AGE`. Les valeurs par défaut sont 2–10 pour `NUMBER_LIMIT` et 4–10 pour `NUMBER_LIMIT_IMPORTANT`, ce qui signifie que seuls les instantanés les plus récents sont conservés.

Pour les instantanés chronologiques, le nettoyage est basé sur le nombre d'instantanés à conserver pour chaque type (horaire, quotidien, hebdomadaire, mensuel, annuel). Par exemple, les instantanés des 24 dernières heures, le premier instantané quotidien des sept derniers jours, le premier instantané effectué le dernier jour du mois au cours des douze derniers mois, etc. Les paramètres comprennent `TIMELINE_CLEANUP` et `TIMELINE_MIN_AGE`, ainsi que des paramètres d'intervalle tels que `TIMELINE_LIMIT_DAILY` et `TIMELINE_LIMIT_HOURLY`.

Vous pouvez restaurer un instantané existant à tout moment en démarrant à partir de l'instantané respectif et en l'activant par la suite.



Remarque : désactivation automatique et manuelle de Snapper

Si votre partition root est inférieure à 16 Go, la création automatique d'instantanés décrite ci-dessus est désactivée par défaut. Dans ce cas, vous pouvez créer manuellement des instantanés. Surveillez l'espace disque disponible.

Pour désactiver les instantanés automatiques même si la taille de votre partition root est suffisante, désactivez manuellement les instantanés lors de l'installation à l'étape de configuration de la partition.

3.2 Snapper sur root

Lorsque Snapper est configuré pour fonctionner sur root, chaque sous-volume Btrfs est exclu par défaut.

Le comportement par défaut de Snapper est défini dans un fichier de configuration spécifique à chaque partition ou sous-volume Btrfs. Ces fichiers de configuration se trouvent sous /etc/snapper/configs/.



Avertissement : activation de Snapper dans le système installé

Si vous avez désactivé Snapper lors de l'installation, il est possible de l'activer par la suite. Cependant, l'activation de Snapper après l'installation entraîne des différences notamment dans la disposition des sous-volumes ainsi que dans les variables. Nous vous recommandons vivement de déterminer si vous avez besoin d'instantanés dans votre système *avant* de démarrer l'installation.

3.3 Sous-volumes exclus des instantanés

Le principal cas d'utilisation des instantanés consiste à rétablir un état antérieur du système. Par conséquent, il existe certains sous-volumes (répertoires) pour lesquels la création d'instantanés est désactivée.

La liste suivante contient les répertoires exclus des instantanés. En fonction de votre produit et de votre architecture, ils peuvent ne pas tous être disponibles sur votre système.

/boot/grub2/i386-pc, /boot/grub2/x86_64-efi, /boot/grub2/powerpc-ieee1275, /boot/grub2/s390x-emu

Un retour à l'état initial de la configuration du chargeur de démarrage n'est pas pris en charge. Les répertoires ci-dessus sont spécifiques à l'architecture. Les deux premiers répertoires sont présents sur les machines AMD64/Intel 64, les deux derniers se trouvent respectivement sur IBM POWER et IBM Z.

/home

Si /home ne réside pas sur une partition distincte, il est exclu pour éviter la perte de données créées par l'utilisateur lors de retours à l'état initial.

/opt, /usr/local

Ces répertoires sont utilisés lors de l'installation manuelle de produits tiers. Ils sont exclus pour éviter la désinstallation de ces produits lors de retours à l'état initial.

/srv

Contient des données pour les serveurs Web et FTP. Il est exclu pour éviter les pertes de données lors des retours à l'état initial.

/tmp

Tous les répertoires contenant des fichiers temporaires et des caches sont exclus des instantanés.

/var

Contient de nombreux fichiers de variables, tels que des journaux, des caches temporaires et des produits tiers dans /var/opt ; il s'agit de l'emplacement par défaut des images et des bases de données de machines virtuelles. Par conséquent, ce sous-volume est créé pour exclure toutes les données de variables des instantanés et a sa fonction de copie sur écriture (« Copy-On-Write ») désactivée.

/run

Ce répertoire contient les données d'exécution de l'application et est exclu des instantanés pour réduire la taille de l'instantané et éviter d'inclure des informations potentiellement sensibles.



Astuce

La liste des sous-volumes est spécifique au produit. Pour savoir quels sous-volumes sont créés sous / et, par conséquent, connaître les répertoires qui sont exclus du comportement d'instantanés par défaut, exécutez :

```
> sudo btrfs subvolume list /
```



Remarque : pourquoi l'espace est-il limité ?

Lors de la création d'un instantané, aucune copie de données physiques n'est créée. Un instantané se compose uniquement de pointeurs vers les blocs de données respectifs. Tant que l'instantané reste cohérent avec le système actuel, il n'occupe pratiquement pas d'espace disque supplémentaire (à l'exception des métadonnées qu'il contient). Toutefois, si un fichier est modifié sur le système, les données initiales sont enregistrées dans l'instantané. Au fil du temps, à mesure que des modifications supplémentaires s'accumulent et que l'instantané diffère du système réel, la taille de l'instantané augmente en conséquence.

Pour éviter une saturation des disques (ce qui rendrait le système inopérant), nous vous recommandons de définir une taille minimale pour le système de fichiers racine. La taille requise dépend de l'utilisation du système :

- La fréquence de création d'instantanés
- La durée de conservation des instantanés
- Le taux de modifications du système

En général, plus vous avez d'instantanés, plus ils sont conservés longtemps et plus le système change fréquemment, plus la partition root doit être volumineuse.

4 Informations supplémentaires

Pour plus d'informations sur le système de fichiers Btrfs, reportez-vous aux documents <https://documentation.suse.com/sles/15-SP5/html/SLES-all/cha-file-systems.html#sec-file-systems-major-btrfs> et <https://wiki.archlinux.org/title/btrfs>.

Pour plus d'informations sur les volumes LVM, reportez-vous au document <https://documentation.suse.com/sles/15-SP5/html/SLES-all/part-lvm.html>.

5 Mentions légales

Copyright © 2006–2025 SUSE LLC et contributeurs. Tous droits réservés.

Il est autorisé de copier, distribuer et/ou modifier ce document conformément aux conditions de la licence « GNU Free Documentation License » version 1.2 ou (à votre discrétion) 1.3, avec la section permanente qu'est cette mention de copyright et la licence. Une copie de la version de licence 1.2 est incluse dans la section intitulée « GNU Free Documentation License ».

Pour les marques commerciales SUSE, consultez le site Web <https://www.suse.com/company/legal/>. Toutes les autres marques de fabricants tiers sont la propriété de leur détenteur respectif. Les symboles de marque (®, ™, etc.) désignent des marques de SUSE et de ses sociétés affiliées. Des astérisques (*) désignent des marques commerciales de fabricants tiers.

Toutes les informations de cet ouvrage ont été regroupées avec le plus grand soin. Cela ne garantit cependant pas sa complète exactitude. Ni SUSE LLC, ni les sociétés affiliées, ni les auteurs, ni les traducteurs ne peuvent être tenus responsables des erreurs possibles ou des conséquences qu'elles peuvent entraîner.

A GNU Free Documentation License

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 non-commercially. 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 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 non-commercially, 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:

- A. 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.
- B. 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.

- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. 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.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. 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.
- J. 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.
- K. 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.
- L. 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.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. 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 such 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 <https://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.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

```
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.