

Synthèse sur la configuration des fonctions réseau et la compilation du noyau LINUX

Philippe Latu

philippe.latu(at)linux-france.org

<http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/>

Historique des versions		
\$Revision: 776 \$	\$Date: 2005-11-27 18:25:21 +0100 (dim, 27 nov 2005) \$	\$Author: latu \$
Année universitaire 2005-2006		

Table des matières

1. Copyright et Licence	1
1.1. Meta-information	1
2. Le noyau courant et son arborescence	2
3. Les sources du noyau LINUX	5
4. La configuration du noyau LINUX	6
5. La compilation & l'installation du nouveau noyau LINUX	8
6. Documents de référence	10

1. Copyright et Licence

Copyright (c) 2000,2005 Philippe Latu.
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".

Copyright (c) 2000,2005 Philippe Latu.
Permission est accordée de copier, distribuer et/ou modifier ce document selon les termes de la Licence de Documentation Libre GNU (GNU Free Documentation License), version 1.1 ou toute version ultérieure publiée par la Free Software Foundation ; sans Sections Invariables ; sans Texte de Première de Couverture, et sans Texte de Quatrième de Couverture. Une copie de la présente Licence est incluse dans la section intitulée « Licence de Documentation Libre GNU ».

1.1. Meta-information

Cet article est écrit avec *DocBook*¹ XML sur un système *Debian GNU/Linux*². Il est disponible en version imprimable aux formats PDF et Postscript : [interco.noyau.synthese.pdf](http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/telechargement/interco.noyau.synthese.pdf)³ | [interco.noyau.synthese.ps.gz](http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/telechargement/interco.noyau.synthese.ps.gz)⁴.

¹ <http://www.docbook.org>

² <http://www.debian.org>

³ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/telechargement/interco.noyau.synthese.pdf>

⁴ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/telechargement/interco.noyau.synthese.ps.gz>

2. Le noyau courant et son arborescence

Avant d'attaquer la compilation d'un nouveau noyau à partir de ses sources, on doit identifier et localiser les différents composants du noyau en cours d'exécution sur le système.

Le jeu de questions ci-dessous suppose que la configuration système est directement issue de l'installation de la distribution *Debian GNU/Linux*. Le noyau courant exécuté est fourni via un paquet de la distribution.

1. Quelle est la commande UNIX usuelle qui identifie le noyau et sa version ?

C'est la commande **uname** qui identifie le noyau courant.

```
~$ uname -ar
Linux akula 2.6.14.2 #2 PREEMPT Sat Nov 12 11:20:34 CET 2005 i686 GNU/Linux
```

2. Où est placée l'image de la partie monolithique du noyau courant ?

C'est dans le répertoire `/boot` que sont placées les images des noyaux disponibles sur une machine.

```
# ls -lA /boot/
total 8148
-rw-r--r-- 1 root root 512 2002-01-27 15:04 boot.0300
-rw-r--r-- 1 root root 512 2003-05-04 12:04 boot.1600
-rw-r--r-- 1 root root 34 2002-01-28 15:04 bootmess.txt
-rw-r--r-- 1 root root 308326 2005-09-30 23:36 coffee.bmp
-rw-r--r-- 1 root root 65198 2005-11-01 07:33 config-2.6.14-1-686 ❶
lrwxrwxrwx 1 root root 13 2005-11-06 16:16 debian.bmp -> /boot/sid.bmp
-rw-r--r-- 1 root root 153720 2005-09-30 23:36 debianlilo.bmp
-rw----- 1 root root 1086649 2005-11-02 09:29 initrd.img-2.6.14-1-686 ❷
-rw----- 1 root root 96256 2005-11-12 14:19 map
-rw-r--r-- 1 root root 23662 2005-09-30 23:36 sarge.bmp
-rw-r--r-- 1 root root 24116 2005-09-30 23:36 sid.bmp
-rw-r--r-- 1 root root 748427 2005-11-07 23:25 System.map-2.6.14
-rw-r--r-- 1 root root 657632 2005-11-01 08:58 System.map-2.6.14-1-686 ❸
-rw-r--r-- 1 root root 750160 2005-11-12 14:09 System.map-2.6.14.2
-rw-r--r-- 1 root root 1498736 2005-11-07 23:25 vmlinuz-2.6.14 ❹
-rw-r--r-- 1 root root 1280214 2005-11-01 08:57 vmlinuz-2.6.14-1-686
-rw-r--r-- 1 root root 1502749 2005-11-12 14:09 vmlinuz-2.6.14.2
```

- ❶ Fichier de configuration du noyau de la distribution. Il contient l'ensemble des options qui ont été sélectionnées par le responsable du paquet *Debian* : `linux-image-2.6.14-1-686`.
- ❷ Image compressée du disque RAM d'initialisation contenant une arborescence racine simplifiée et l'ensemble des modules du noyau. Cette technique d'initialisation est nécessaire sur les systèmes sans disque dur.
- ❸ Fichier de cartographie des appels de fonctions du noyau. Cette cartographie est une aide à la mise au point pour les développeurs ou une identification nominative des fonctions défectueuses en cas de problème.
- ❹ Fichier image de la partie monolithique du noyau. C'est ce fichier qui est utilisé par le gestionnaire de démarrage pour lancer le système d'exploitation. Le gestionnaire de démarrage y accède directement à l'aide d'un appel BIOS.

3. Où sont placés les fichiers des modules correspondant au noyau courant ? Où est placé l'image du disque RAM utilisé lors de l'initialisation du système ? Dans quels cas de figure utilise-t-on l'arborescence ou le disque RAM ?

La recherche des paquets noyau de la distribution donne le résultat :

```
# dpkg -l linux-image* |grep ^ii
ii linux-image-2.6.14-1-686 2.6.14-2 Linux kernel 2.6.14 image <snip/>
```

Une fois le nom du noyau installé connu, on affiche la liste des fichiers contenus dans le paquet :

```
# dpkg -L linux-image-2.6.14-1-686 | less
./
/boot
/boot/config-2.6.14-1-686
/boot/vmlinuz-2.6.14-1-686
/boot/System.map-2.6.14-1-686
/usr
/usr/share
/usr/share/doc
/usr/share/doc/linux-image-2.6.14-1-686
<snip/>
/lib
/lib/modules
/lib/modules/2.6.14-1-686
/lib/modules/2.6.14-1-686/kernel
/lib/modules/2.6.14-1-686/kernel/arch
/lib/modules/2.6.14-1-686/kernel/arch/i386
<snip/>
```

La liste ci-dessus montre que les modules du noyau sont placés dans le répertoire `/lib/modules/2.6.14-1-686/kernel`. Le fichier image du disque RAM d'initialisation a déjà été identifié ci-dessus.

Le fichier image du disque RAM est utilisé lors du lancement du système d'exploitation. C'est un fichier utilisé par le gestionnaire de démarrage de la même façon que la partie monolithique du noyau. Une fois le système complètement initialisé, les opérations de (chargement|déchargement) des modules utilisent l'arborescence du disque dur : `/lib/modules/`uname -r`/.`

4. Que contient le fichier `System.map-2.6.xx` placé dans le même répertoire que l'image de la partie monolithique du noyau ?

Consulter le document ressource *The System.map file*. Il illustre clairement la correspondance entre les noms des fonctions et leurs adresses dans le code du noyau exprimées en hexadécimal. L'analogie avec les «références croisées» utilisées en développement traditionnel s'applique parfaitement ici. Pour utiliser au mieux un debugger, on conserve une table de correspondance entre les noms des variables donnés dans le code source et les adresses dans le code exécutable.

Ce fichier a déjà été identifié ci-dessus.

5. Que contiennent les arborescences `/proc` et `/sys` ?

Consulter le document ressource *The Wonderful World of Linux 2.6*.

L'arborescence `/sys` est une représentation visible de l'arbre des périphériques physiques vus par le noyau. Cette arborescence a été introduite avec les noyaux de la série 2.6.xx. Elle est construite dynamiquement en fonction des branchements «à chaud» effectués sur les différents bus de la machine. Les informations répertoriées dans cette arborescence sont du type : nom de périphérique, canal DMA, vecteur d'interruption, tensions d'alimentation, etc.

L'arborescence `/proc` comprend l'ensemble des paramètres du noyau en cours d'exécution. Ces paramètres sont modifiables en cours de fonctionnement. L'exemple emblématique, vis-à-vis de ces travaux pratiques est donné par l'ensemble des «réglages» possibles sur les machines d'états de la pile des protocoles réseau. la commande `ls /proc/sys/net/ipv4/` en donne un aperçu.

6. Quelle est la commande qui permet de lister les modules chargés en mémoire ?

La commande **lsmod** :

```
~$ lsmod
Module                Size  Used by
nfs                    226760  0
af_packet              23048  4
```

```
ndiswrapper      197844  0
thermal          13192  0
fan              4548   0
button          6416   0
ac              4612   0
battery         9284   0
ipv6            266176 12
capability       4680   0
commoncap       7040   1 capability
nfsd            236576  5
exportfs        6528   1 nfsd
lockd           64392  2 nfs,nfsd
nfs_acl         3584   2 nfs,nfsd
rpcsec_gss_krb5 6912   0
auth_rpcgss     40224  1 rpcsec_gss_krb5
sunrpc         147708 10 nfs,nfsd,lockd,nfs_acl,rpcsec_gss_krb5,auth_rpcgss
cpufreq_userspace 4508   1
powernow_k7     8744   0
freq_table     4420   1 powernow_k7
processor       22844  2 thermal,powernow_k7
usbhid         39072  0
eth1394        21256  0
i2c_ali1535    6980   0
<snip/>
```

Cette commande appartient au paquet `module-init-tools`. En listant le contenu de ce paquet on obtient les noms des commandes associées et les pages de manuels correspondantes.

```
~$ which lsmod
/bin/lsmod

~$ dpkg -S /bin/lsmod
module-init-tools: /bin/lsmod

~$ dpkg -L module-init-tools
./
/lib
/lib/modules
/sbin
/sbin/insmod
/sbin/update-modules
/sbin/rmmod
/sbin/modprobe
/sbin/depmod
/sbin/modinfo
/bin
/bin/lsmod
/etc
/etc/init.d
/etc/init.d/module-init-tools
/etc/modprobe.d
/etc/modprobe.d/aliases
/etc/modprobe.d/arch
/etc/modprobe.d/arch/i386
/usr
/usr/share
/usr/share/man
/usr/share/man/fr
/usr/share/man/fr/man5
/usr/share/man/fr/man5/modules.5.gz
/usr/share/man/man8
/usr/share/man/man8/rmmod.8.gz
/usr/share/man/man8/lsmod.8.gz
/usr/share/man/man8/modprobe.8.gz
/usr/share/man/man8/depmod.8.gz
/usr/share/man/man8/modinfo.8.gz
/usr/share/man/man8/update-modules.8.gz
/usr/share/man/man8/insmod.8.gz
<snip/>
```

7.

Quelles sont les commandes qui permettent de charger un module en mémoire «manuellement» ? Identifier celle qui traite automatiquement les dépendances entre modules.

On dispose de deux commandes : **insmod** et **modprobe**. Seule la commande **modprobe** traite les dépendances au (chargement|déchargement) d'un module. Illustration avec le pilote d'interface RNIS :

```
# modprobe -v hisax_st5481
insmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/lib/crc-ccitt.ko
```

```
insmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/hisax/isdnhdhc.ko
insmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/net/slhc.ko
insmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/i4l/isdn.ko
insmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/hisax/hisax.ko
insmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/hisax/hisax_st5481.ko
```

8.

Quelles sont les commandes qui permettent de retirer un module de la mémoire «manuellement» ? Identifier les options de la commande qui traite automatiquement les dépendances entre modules.

Comme dans le cas précédent, c'est la commande **modprobe** qui retire de la mémoire les modules associés au déchargement. Toujours avec le pilote d'interface RNIS :

```
# modprobe -rv hisax_st5481
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/hisax/hisax_st5481.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/hisax/hisax.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/i4l/isdn.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/net/slhc.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/drivers/isdn/hisax/isdnhdhc.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/lib/crc-ccitt.ko
```

9.

Utiliser les commandes de manipulation des modules avec le sous-système de gestion du son. Repérer le pilote de la carte son. Décharger et recharger ce pilote et les modules associés. Identifier les éventuels conflits avec les processus actifs.

Autre illustration avec le pilote de carte son :

1. On repère le nom du périphérique sur le bus PCI.

```
# lspci |grep -i audio
0000:00:08.0 Multimedia audio controller: \
  ALi Corporation M5451 PCI AC-Link Controller Audio Device (rev 02)
```

2. On repère le module correspondant au contrôleur audio.

```
# lsmod |grep 5451
snd_ali5451          25796  1
snd_ac97_codec     91772  1 snd_ali5451
snd_pcm            93448  3 snd_ali5451,snd_ac97_codec,snd_pcm_oss
snd                56676  8 snd_ali5451,snd_ac97_codec,snd_pcm_oss, \
                  snd_mixer_oss,snd_pcm,snd_timer
```

3. On tente de retirer le module de la mémoire. L'opération échoue puisqu'un programme en cours d'exécution utilise le périphérique.

```
# modprobe -rv snd_ali5451
FATAL: Module snd_ali5451 is in use.
```

4. On repère le programme qui «monopolise» le périphérique.

```
# lsof |grep snd
artsd    5615      phil  mem      CHR    116,16    6378 /dev/snd/pcmC0D0p
artsd    5615      phil  llu      CHR    116,16    6378 /dev/snd/pcmC0D0p
```

5. On arrête le programme et on peut retirer le pilote de périphérique de la mémoire.

```
# killall artsd
# modprobe -rv snd_ali5451
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/sound/pci/ali5451/snd-ali5451.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/sound/pci/ac97/snd-ac97-codec.ko
rmmod /lib/modules/2.6.14.2/kernel/sound/pci/ac97/snd-ac97-bus.ko
```

3. Les sources du noyau LINUX

Pour traiter le cas le plus général possible, on ne s'appuie pas sur la base de données des paquets de la distribution et on télécharge directement les sources du noyau LINUX à partir du site de référence.

Les questions de cette partie doivent être traitées avec le document *Fonctions réseau du noyau Linux* et le guide *Kernel Rebuild Guide*.

Les versions stables du noyau évoluent très fréquemment. Les questions ci-dessous sont basées sur la version stable la plus récente de la série 2.6.xx.

1. Quel est le site principal de diffusion des sources du noyau LINUX ?

Le site principal de publication des sources du noyau LINUX est à l'adresse <http://kernel.org/>.

2. Donner deux modes de téléchargement différents des sources. Quel est l'outil qui permet d'effectuer un téléchargement avec le protocole HTTP sans utiliser un navigateur Web ?

Lorsque l'on utilise des serveurs «lames», il est fréquent qu'aucun écran ou clavier ne soit racoordé au serveur à configurer. Il est donc nécessaire d'effectuer les opérations à distance sans recours à une interface graphique. On dispose de deux protocoles pour le transfert des sources du noyau LINUX : FTP & HTTP.

Les outils `ncftp` et `wget` sont les mieux adaptés pour cette opération. Illustration avec **wget** après avoir copié l'adresse du lien à partir d'un navigateur web :

```
# wget http://kernel.org/pub/linux/kernel/v2.6/linux-2.6.14.2.tar.bz2
--21:34:08-- http://kernel.org/pub/linux/kernel/v2.6/linux-2.6.14.2.tar.bz2
=> `linux-2.6.14.2.tar.bz2'
Résolution de kernel.org... 204.152.191.37, 204.152.191.5
Connexion vers kernel.org|204.152.191.37|:80...connecté.
requête HTTP transmise, en attente de la réponse...200 OK
Longueur: 39,184,746 (37M) [application/x-bzip2]

54% [=====] 21,438,720 259.24K/s ETA 01:09
```

3. Quelles sont les commandes «rituelles» d'installation des sources du noyau LINUX ? Pour chaque commande, expliquer les opérations réalisées et justifier le choix des options.

Voir la page *Compilation du noyau LINUX*⁵ du support de cours.

```
# mv linux-2.6.xx.tar.bz2 /usr/src ❶
# cd /usr/src
# tar xvjf linux-2.6.xx.tar.bz2 ❷
# ln -sf linux-2.6.xx linux ❸
# cd linux
```

- ❶ Copie du fichier *tarball* dans le répertoire usuel de dépôt des sources de noyau : `/usr/src`.
- ❷ Extraction de l'arborescence des sources du noyau.
- ❸ Création d'un lien symbolique sur l'arborescence de travail. L'utilisation de ce lien permet de conserver plusieurs arborescences de sources. De cette façon, on peut travailler sur plusieurs versions de noyau.

4. La configuration du noyau LINUX

On se propose de configurer un système d'interconnexion. Le noyau correspondant doit donc comprendre les éléments suivants :

- Un coeur système monolithique : microprocesseur, périphériques non réseau et système de fichiers,
- Le support des fonctions réseau nécessaires au routage.
- Le support du filtrage netfilter sous forme modulaire.
- Un pilote d'interface réseau Ethernet sous forme modulaire,

⁵ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/cours/interco.noyau/interco.noyau.compilation.html>

- Les fonctions de l'ancien sous-système RNIS sous forme modulaire,
- Un pilote d'interface RNIS sous forme modulaire,

Le patron de fichier de configuration à utiliser pour les travaux pratiques est placé sur le serveur Web de travaux pratiques. Il est nommé `config-2.6.13.3-stri`.

1. Quelle est la commande utilisée pour les opérations de configuration et de compilation ?

Toutes les opérations de compilation du noyau étant basées sur des `Makefiles`, c'est la commande **make** qui sert aussi pour la configuration.

2. Comment obtenir la liste des options de cette commande ?

La commande `make help` donne la liste des options disponibles.

3. Quelles sont les 3 options de configuration du noyau ? Préciser les différences entre ces 3 options.

Les 3 commandes sont `make config`, `make menuconfig` et `make xconfig`. Les différences entre les 3 options sont données à la page *Compilation du noyau LINUX*⁶.

Il est préférable d'utiliser la commande `make menuconfig`. C'est le meilleur compromis entre facilité de navigation et administration distante. Les bibliothèques de développement `ncurses` ne consomment que très peu de ressources CPU et l'utilisation d'une interface graphique sur un serveur est à proscrire.

4. Sans opération préalable, quel est le fichier contenant les options de configuration du noyau utilisé ? Où faut-il placer le patron de fichier de configuration à utiliser pour les travaux pratiques ? Comment le nommer ?

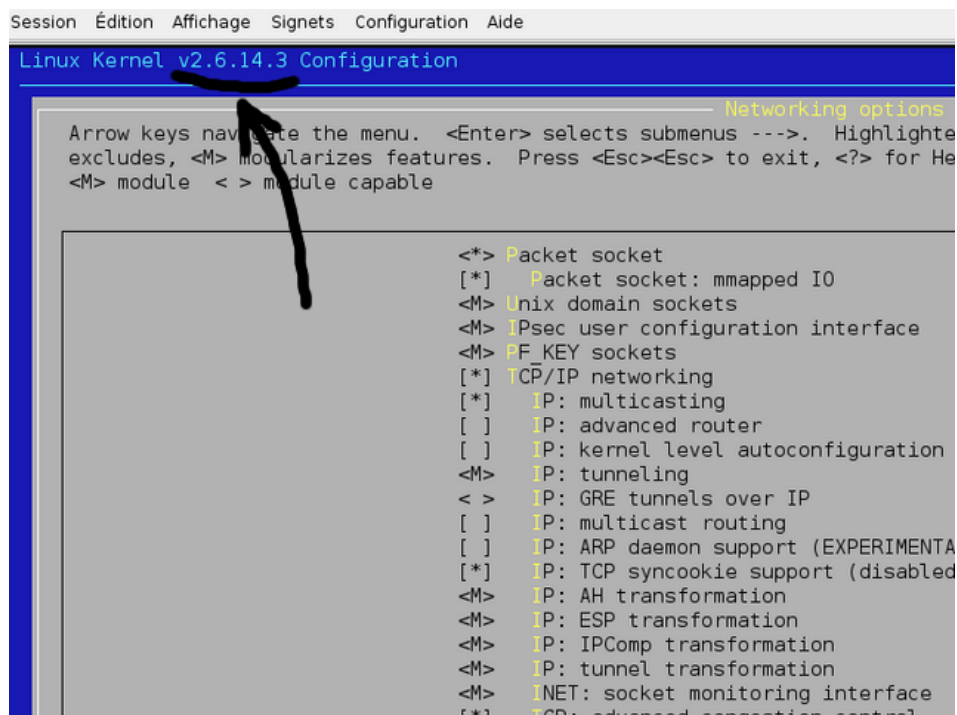
C'est le fichier texte `.config` qui contient l'ensemble des options de configuration du noyau LINUX courant. Il est placé à la racine de l'arborescence des sources du noyau ; soit le répertoire `/usr/src/linux` dans notre cas.

Le fichier «patron» de configuration pour ces travaux pratiques doit donc être copié dans le répertoire `/usr/src/linux` et renommé `.config`.

5. Une fois la commande de configuration exécutée, comment identifier la version du noyau à compiler ?

La version du noyau en cours de configuration est indiquée en haut à gauche de l'écran.

⁶ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/cours/interco.noyau/interco.noyau.compilation.html>



Identification version noyau LINUX - vue complète⁷

6. Quelles sont les options indispensables et facultatives des rubriques Networking puis Networking options ?

Voir le support *Fonctions réseau du noyau Linux*.

7. Quelles sont les options indispensables et facultatives des rubriques Device Drivers puis Network device support ?

Voir le support *Fonctions réseau du noyau Linux*.

8. Quelles sont les options indispensables et facultatives de la rubrique ISDN subsystem ?

Voir le support *Guide RNIS LINUX*.

5. La compilation & l'installation du nouveau noyau LINUX

1. Quelles sont les commandes de compilation du noyau ? Donner la signification de chacune des commandes.

Voir le support *Kernel Rebuild Guide*.

2. Quelles sont les étapes d'installation du noyau compilé ?

Voir le support *Kernel Rebuild Guide*.

3. Que faut-il faire pour que le gestionnaire de démarrage propose le nouveau noyau compilé lors de

⁷ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/cours/interco.noyau.synthese/images/menuconfig.version.png>

l'initialisation du système ?

Voir le support *Fonctions réseau du noyau Linux*.

Une fois toutes ces étapes franchies, il ne reste plus qu'à relancer le système et vérifier que le noyau exécuté est bien celui qui a été recompile à partir des sources.

6. Documents de référence

Fonctions réseau du noyau Linux

*Fonctions réseau du noyau Linux*⁸ : Configuration du noyau LINUX et de ses fonctions réseau.

Guide RNIS LINUX

*Configuration du sous-système RNIS du noyau LINUX*⁹ .

The System.map file

*The System.map file*¹⁰ : fonction et utilisation du fichier.

Kernel Rebuild Guide

*Kernel Rebuild Guide*¹¹ : guide sur la démarche à suivre pour recompiler un noyau LINUX.

The Wonderful World of Linux 2.6

*The Wonderful World of Linux 2.6*¹² : panorama général des fonctionnalités des noyaux de la série 2.6.xx.

⁸ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/cours/interco.noyau/>

⁹ <http://www.linux-france.org/prj/inetdoc/guides/rnis/part3.chapter1.compile.html>

¹⁰ <http://www.dirac.org/linux/system.map/>

¹¹ <http://www.digitalhermit.com/linux/Kernel-Build-HOWTO.html>

¹² <http://kniggit.net/wwol26.html>