

Les fichiers

De l'information au stockage

Les informations utilisées dans un ordinateur sont stockées dans la *mémoire de masse*, qui se distingue de la *mémoire vive* par sa résistance à l'extinction et de la *mémoire morte* (et plus tard, du *firmware*) par sa mutabilité.

Les performances des systèmes de stockage de masse sont meilleures chaque année, mais l'ordre de grandeur reste la ms ou 100 µs.

De l'information au fichier

L'information est découpée en petites unités qui s'appellent des fichiers, sémantiquement cohérentes — ce sont des informations qui « vont ensemble ». Ces éléments de base du stockage informatique peuvent ne contenir que très peu d'information ou représenter plusieurs Go de données par fichier. Un fichier est lié à la façon dont on y accède (son nom et son chemin), mais nous verrons que ce n'est pas un identifiant : il peut y avoir plusieurs accès différents à un même fichier (liens).

Un fichier est une suite d'octets (et pas de bits : il y a toujours un nombre entier d'octets).

Nom et chemin

Le nom d'un fichier permet de le distinguer parmi un ensemble de fichiers rangés ensemble. Si on y ajoute le chemin d'accès, on a alors un moyen d'accéder au fichier et de le distinguer parmi tous les autres.

Dans les systèmes de fichiers modernes, on distingue toujours au moins deux types d'éléments :

- les fichiers contiennent des données uniquement
- les répertoires servent à l'organisation et contiennent soit des fichiers, soit d'autres répertoires.

La suite de répertoires à traverser pour accéder à un fichier est appelé le chemin d'accès. Au sein d'un même répertoire, il n'y a pas deux fichiers qui portent le même nom.

On a donc la possibilité d'accéder à un fichier une fois que l'on connaît son chemin complet (ou nom complet): la racine d'où l'on part, les répertoires à traverser, et dans le répertoire final, le nom à utiliser.

Les répertoires à traverser sont séparés par le séparateur de chemin. Sous Linux et Unix, le séparateur est / alors que sous Windows c'est \.

Les noms de fichier ont souvent des règles de caractères interdits (notamment le séparateur de chemin est interdit). Souvent, pour aider le système ou l'utilisateur à deviner l'utilisation d'un fichier (le type de données), une extension est ajoutée séparée du corps du nom par un .. Sous Windows, l'extension est même obligatoire (et un nom sans extension désigne forcément un répertoire).

Exemples de chemin complet:

```
C:\System\Program Files\Backup\backup.exe
/usr/bin/stellarium
/home/user/.local/share/Game Stand/README.pdf
```

Choisir un nom

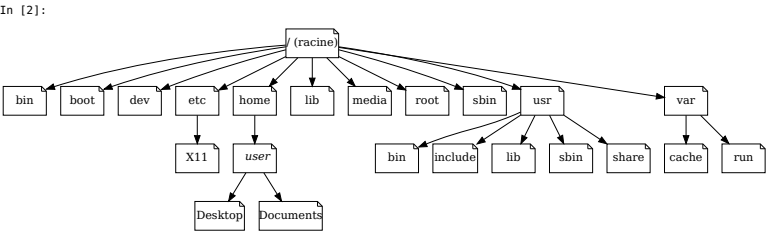
Un nom de fichier doit respecter deux sortes d'obligations

- Obligations techniques selon le système d'exploitation (par exemple extension sous Windows, caractères interdits, taille)
- Obligation d'information pour les humains ; comparer par exemple texte.pdf, devoir-dubacq.pdf (nom de l'enseignant), devoir-martin.pdf (nom de l'élève), devoir-anglais-martin.pdf...

Par ailleurs, certains systèmes différencient les noms selon la casse (distinction majuscules/minuscules sous Linux, confondu sous Windows et OSX).

Organisation des données

Les données sont organisées en répertoires pour les ranger. C'est vrai de l'organisation de chaque utilisateur, mais aussi du système en général. Un système actuel compte facilement plus de 100 000 fichiers.



La notion de chemin

Le chemin est une suite des répertoires à traverser pour atteindre un fichier, à partir d'un point de départ donné.

Il existe deux sortes de chemins :

- Les chemins absolus, qui partent de la racine
- Les chemins relatifs, qui partent d'un autre répertoire (qu'on appelle en général le *répertoire courant*).

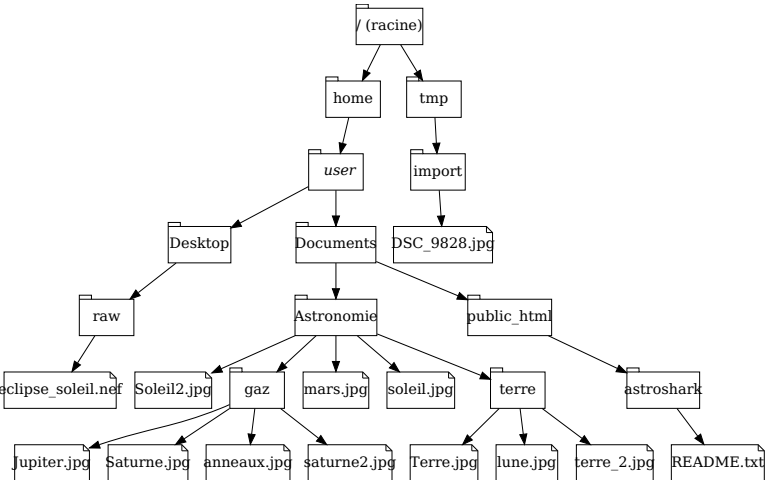
On cherche en général le chemin *canonique* c'est-à-dire celui qui est le plus court. En effet, chaque lien de parent vers enfant (par exemple Documents est dans user) peut-être parcouru dans le sens inverse et donc on pourrait faire un chemin qui va dans des endroits totalement inutiles et en revient avant d'aller vers la bonne cible.

Il se trouve que sous Windows comme sous Unix, la désignation du parent est la même et est ... *Attention : deux points, pas trois ni un.*

Dans l'exemple ci-dessus, le chemin de X11 à Documents est .././home/user/Documents. Le chemin absolu vers Desktop est /home/user/Desktop, et le chemin absolu vers bin est... variable selon le bin considéré ! En effet, deux répertoires ou fichiers peuvent porter le même nom s'ils ne sont pas dans le même répertoire !

In []:

Activité : Chemins relatifs et absolus



Dans le graphique ci-dessous, donnez le chemin relatif ou absolu pour atteindre les fichiers spécifiés:

Saturne.jpg

Circulation à double sens

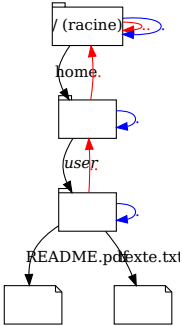
Tous les répertoires sont munis de deux raccourcis spéciaux.

Le premier permet de remonter vers le répertoire parent et a été mentionné ci-dessus : ... Ainsi le répertoire /home/usager/.. est en fait le même répertoire que /home.

Le deuxième permet de rester au même endroit et est désigné par un simple .. Ainsi /home/./././.. est la même chose que /home.

Cette circulation à double sens peut être représentée comme ci-dessous. Attention, seuls les répertoires sont munis de cette liaison vers le parent : pas les fichiers.

In [4]:



Pour mieux comprendre les chemins, il est parfois plus facile d'imaginer que les éléments de chemin sont sur les liens entre répertoires ou fichiers que sur les fichiers eux-mêmes, puisqu'on peut arriver au répertoire `home` avec le nom `home` (depuis la racine) ou avec le nom `..` (depuis `user`).

Répertoire personnel

Pour gérer les données personnelles des utilisateurs des systèmes informatiques, chaque utilisateur se voit attribuer quelque part un répertoire qui est « à lui ». Techniquement, ce répertoire n'a rien de très différent des autres, mais les permissions (concept qui sera vu plus tard) sont données de façon à ce que l'utilisateur en ait le contrôle.

Il est possible d'utiliser une abréviation qui est liée aux répertoires personnels des utilisateurs :

- Si un `~xxx` au début d'un chemin n'est pas protégé, le `~xxx` est remplacé par le répertoire personnel de l'utilisateur `xxx`, souvent quelque chose qui ressemble à `/home/xxx` mais qui peut être plus compliqué (la correspondance utilisateur → répertoire personnel est stocké dans l'ordinateur).
- Si un `~` tout seul est au début d'un chemin (par exemple `~/Documents`) le `~` est remplacé par le répertoire personnel de l'utilisateur (cela donne par exemple `/home/usagers/1234567890/Documents`).

In [5]:

Activité : Répertoire personnel

Déterminez le chemin de votre répertoire personnel en utilisant la commande `echo` dans un terminal avec le bon argument.

Votre répertoire > _____

Déterminez le chemin du répertoire personnel de `jcubacq` en utilisant la commande `echo` dans un terminal avec le bon argument.

Votre répertoire > _____

Répertoire courant

Tout processus (un programme s'exécutant dans le système) a un *répertoire courant*, qui est le répertoire qui est utilisé pour trouver la destination finale des chemins relatifs.

Exemple : Par exemple, si un shell a comme répertoire courant `/home/user`, le chemin (relatif) `Documents/README.pdf` a pour chemin absolu `/home/user/Documents/README.pdf` et le chemin (relatif) `../jozeboss/PASSWORD.txt` a pour chemin absolu `/home/user/../../jozeboss/PASSWORD.txt` ce qui est la même chose que `/home/jozeboss/PASSWORD.txt`

Il est possible de changer le répertoire courant. Ça n'a aucun effet sur la structure des fichiers, seulement sur le processus.

La commande pour changer de répertoire est `cd CHEMIN`. Le chemin peut être un chemin absolu ou relatif, auquel cas il est relatif au répertoire courant avant la commande. Le répertoire courant peut être affiché par `pwd` (même s'il est souvent aussi codé pour s'afficher dans le prompt).

Exemple : Si à la suite de l'exemple précédents, on fait `cd Documents`, alors le chemin relatif du premier document devient juste `README.pdf` ou `./README.pdf`. Le chemin absolu correspondant à `Documents/README.pdf` serait maintenant `/home/user/Documents/Documents/README.pdf`.

Syntaxe : `cd CHEMIN` change le répertoire courant par le chemin `CHEMIN`.

Syntaxe : `pwd` affiche le répertoire courant.

Visualiser une arborescence et des fichiers

Les fichiers de type texte peuvent être vus directement dans le terminal, puisqu'une de ses fonctions est d'afficher du texte. Les autres fichiers doivent avoir recours à une application spécifique, qui utilisera le programme de gestion des fenêtres pour afficher le résultat (et éventuellement avoir une interaction avec).

Pour afficher un fichier de type texte, il suffit d'utiliser la commande `cat` ou la commande `less`. La première version se contentera de sortir les octets du fichier (quel qu'il soit) sous forme de texte dans le terminal ; la deuxième version propose si le fichier est trop long pour tenir sur un écran un système de pagination, où la barre d'espace permet de passer d'une page à une autre, et d'autres commandes sont disponibles (notamment `q` pour quitter la visualisation).

Les contenus qui ne sont pas du texte ne sont pas affichables directement dans le terminal. On peut utiliser `hexdump` (en particulier `hexdump -C`) pour afficher les octets qui constituent le fichier (ça peut s'écrire sous forme de texte), mais pas d'affichage graphique ; pour cela il faut faire appel à d'autres applications qui communiquent non pas avec le terminal, mais avec le système de fenêtres (par exemple `display` pour les images).

On ne peut pas *afficher* un répertoire : il ne contient pas de données au sens de ce qui constitue les fichiers comme défini au début du chapitre. On peut en revanche afficher son contenu (ainsi que certaines données liées aux fichiers, comme leur taille par exemple). Cela se fait par l'intermédiaire de la commande `ls` (abréviation de *list*). Donnée sans arguments, elle listera le répertoire courant. Elle a une énorme quantité d'options que nous verrons au fur et à mesure.

Syntaxe : `ls [chemin] [...]` liste l'arborescence des chemins donnés en argument. S'il n'y a pas d'argument, la commande est équivalente à `ls ..`. Si un chemin donné en argument est un fichier, son nom est affiché. Si un répertoire est désigné par l'un des chemins, alors le nom du répertoire est affiché, suivi des fichiers qu'il contient.

Syntaxe : `cat chemin [...]` affiche dans le terminal le contenu des fichiers sous forme de texte. Si les fichiers ne sont pas du texte, il est possible que l'affichage soit illisible, voire que certaines séquences rendent le terminal inutilisable. Dans ce cas, ne pas hésiter à utiliser la barre de menu Terminal ► Réinitialiser.

Syntaxe : `less chemin [...]` affiche dans le terminal le contenu des fichiers sous forme de texte avec des fonctionnalités de pagination.

Syntaxe : `hexdump [-C] chemin` affiche dans le terminal le contenu des fichiers sous forme de texte représentant les octets successifs. Il n'y a pas de risque de perturbation du terminal. Parce que le résultat peut être assez long, vous pouvez utiliser la formule magique `hexdump -C chemin_du_fichier | less` jusqu'à ce que le symbole `|` ait été expliqué un peu plus tard.

In [6]:

```
%$sh
# Exemple d'utilisation de ls et cat
rm -rf ./systeme/
tar xf systeme.tar
ls systeme systeme/Astronomie/session1 inventaire.txt

inventaire.txt

systeme:
Astronomie

systeme/Astronomie/session1:
eris.jpg
neptune.jpg
pluton.jpg
saturne.jpg
terre.jpg
uranus.jpg
venus.jpg
```

In [7]:

Activité : Visualisation de fichiers

Dans un terminal, après s'être rendu dans le bon dossier avec `cd`, taper `cat inventaire.txt`, `less inventaire.txt` et `hexdump -C inventaire.txt` pour comparer le comportement.

Activité : Exploration d'une arborescence

Un répertoire `systeme` a été créé dans le répertoire de votre notebook.

En utilisant la commande `ls` et éventuellement la commande `cd`, représentez sur une feuille de papier l'arborescence qui a été créée sous `systeme`. Vous pourrez aussi regarder les images avec la commande `display`.

Solution: L'arbre est donné ci-dessous.

Manipulation de fichiers et répertoires

Il existe toute une série de commandes qui servent à manipuler les fichiers : les créer et les supprimer, bien sûr, mais aussi les déplacer, les copier et les renommer. À noter que le renommage n'existe pas en tant que tel : on renomme un fichier en même temps qu'on le copie ou qu'on le déplace. Un déplacement dans le même répertoire avec un nom différent est le renommage simple.

Création, édition et suppression.

Pour créer un répertoire, la commande est `mkdir`. Pour créer un fichier, on utilise un éditeur de texte. Outre `gedit` fourni par défaut, vous pouvez apprendre à utiliser très rapidement `nano` qui est un mini éditeur en ligne de commande (sans interface graphique). Il existe d'autres éditeurs : `vim` et `emacs` notamment (https://www.explainxkcd.com/wiki/index.php/378:_Real_Programmers). Il existe aussi une commande dont l'un des effets secondaires est de créer un fichier vide : `touch`.

Pour supprimer un répertoire, c'est `rmdir`, mais attention, ça ne supprime qu'un répertoire vide. Pour les fichiers il y a `rm` qui supprime un ou plusieurs fichiers.

- Syntaxe : Toutes ces commandes utilisent la même : `nomdeLacommande chemin [...]`. Il est possible de mettre plusieurs chemins à la suite pour faire plusieurs actions identiques sur plusieurs fichiers. Par exemple `mkdir toto1 toto2` crée deux répertoires `toto1` et `toto2`.
- Syntaxe : Trois options notables :
 - `mkdir -p chemin` permet de créer un répertoire et tous les répertoires parents nécessaires en un seul coup. Par exemple `mkdir Documents/Cours/M1101/TP1` va créer `TP1` à l'intérieur de `M1101` à l'intérieur de `Cours` à l'intérieur de `Documents` en créant au passage ceux qui manquent dans la chaîne.
 - `rm -r` permet d'effacer la cible et, si c'est un répertoire, efface aussi son contenu. ⚠ C'est évidemment très dangereux, surtout marié à...
 - `...rm -f` permet d'effacer un fichier sans confirmation. En conjuguant les deux options `rm -rf` ou `rm -rf` on efface un répertoire et tout ce qu'il contient sans aucune confirmation.

Copie et Déplacement

Les deux commandes `cp` et `mv` (*copy* et *move*) permettent de déplacer des fichiers et répertoires, en laissant l'original sur place pour la copie et en le supprimant pour le déplacement.

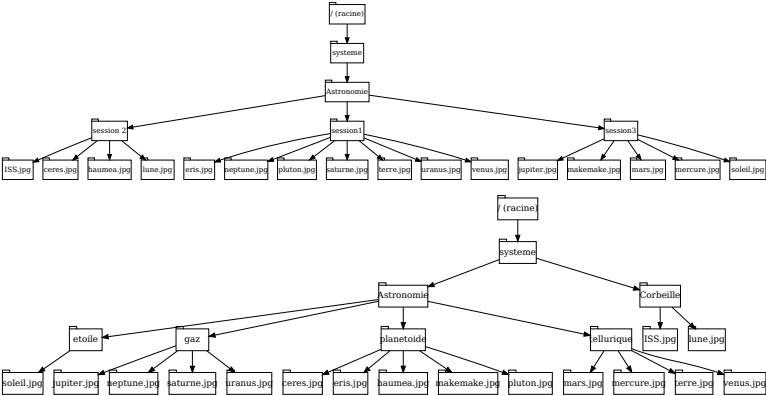
- Syntaxe 1 : `cp source1 [source2...] destination` où `destination` est un répertoire qui existe déjà va faire une copie sans renommage des fichiers sources vers le répertoire `destination`. Pareil pour `mv`, à la nuance près que `mv` peut aussi déplacer les répertoires.
- Syntaxe 2 : `cp source destination` où `destination` est un chemin de fichier valide (notamment, toute la hiérarchie de répertoires qui y conduit existe déjà) va faire une copie avec renommage des fichiers sources vers le répertoire `destination`. Pareil pour `mv`, à la nuance près que `mv` peut aussi déplacer les répertoires.
- Syntaxe 3 : `cp -r source destination` va copier un ou plusieurs répertoires (ou fichiers) ainsi que leurs contenus (répertoires et fichiers). S'il y a des répertoires dans le répertoires à copier, ils vont également être copiés (ça s'appelle la *réursion*, d'où le nom de l'option).

In [8]:

Activité : Déplacement de fichiers

En utilisant les commandes vues ci-dessus, faites passer de la première arborescence à la deuxième.

Vous pourrez vérifier que votre script `deplacement.sh`



In [9]:

Il y a des différences !
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/etoile/soleil.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/gaz/jupiter.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/gaz/neptune.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/gaz/saturne.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/planetoïde/ceres.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/planetoïde/eris.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/planetoïde/haumea.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/planetoïde/makemake.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/planetoïde/pluton.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/tellurique/mars.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/tellurique/mercure.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/tellurique/terre.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Astronomie/tellurique/venus.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Corbeille/ISS.jpg`
Fichier absent mais devrait être présent : `systeme/Corbeille/lune.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/eris.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/neptune.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/pluton.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/saturne.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/terre.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/uranus.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session1/venus.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session 2/ceres.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session 2/haumea.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session 2/ISS.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session 2/lune.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session3/jupiter.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session3/makemake.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session3/mars.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session3/mercure.jpg`
Fichier présent mais ne devrait pas : `systeme/Astronomie/session3/soleil.jpg`
Il y a 32 erreurs (un fichier mal placé compte double)

Archivage

L'archivage de données en un fichier unique est une technique qui permet de passer d'une arborescence de fichiers à un fichier unique. L'avantage est la possibilité de transport des informations et, éventuellement, leur *compression*. Cette deuxième technique sera vue plus tard, mais elle n'est pas essentielle à la compréhension de l'archivage. Ce fichier peut ensuite être retransformé en une arborescence.

Le format tar

Utilisé depuis les années 80, le format `tar` est un pilier du monde Unix. Il est parfaitement libre. Il servait initialement aux sauvegardes sur bande magnétique (tape archive). Le format `tar` ne permet pas la compression, mais la commande `tar` donne accès à des programmes de compression qui permettent de réduire la taille de l'archive. Une archive au format `tar` est appelée un(e) `tarball`. Le compresseur le plus connu est `gzip` dont les fichiers compressés ont un suffixe `.gz`. Souvent on combine les deux suffixes : une archive compressée peut ainsi s'appeler `textes2015.tar.gz` ou `textes2015.tgz`.

- Syntaxe : `tar cf fichier.tar chemin1 [...]` permet d'archiver au format `tar` dans `fichier`. `tar` toute l'arborescence à partir de `chemin1` (et autres chemins s'il y en a plusieurs sur la ligne de commande). `tar tf fichier.tar` permet de lister le contenu d'une archive, et `tar xf fichier.tar` permet d'extraire les fichiers de l'archive.

Le format zip

Principalement utilisé pour son universalité depuis 1986, le format `zip` est plus ou moins libre (il y a des doutes sur la possibilité de brevet sur les techniques employées). Le format `zip` n'est pas uniquement caractérisé par son extension : plusieurs autres formats de fichier sont en fait une archive `ZIP` qui contient divers documents (par exemple, un fichier `docx` pour Microsoft Word est en fait un `ZIP` qui contient divers fichiers XML et images). Le format `zip`, en plus de l'archivage permet aussi la compression. Les commandes `zip` et `unzip` doivent donc permettre la décompression.

Récapitulatif des commandes vues dans ce chapitre

Commande	Utilité
cd	Permet de changer le répertoire courant
pwd	Affiche le répertoire courant
ls	Permet de lister le contenu d'un répertoire
cat	Affiche le contenu d'un fichier texte
less	Affiche le contenu d'un fichier texte en mode paginé
hexdump	Affiche le contenu d'un fichier par la valeur de ses octets
mkdir	Permet d'obtenir le manuel d'une commande
rmdir	Vérifie une condition donnée en argument
touch	Crée un fichier vide
nano	édite un fichier (aussi gedit)
rm	Supprime un fichier
mv	Déplace (ou renomme) un fichier
cp	Copie (et renomme) un fichier
tar	Permet de créer, analyser ou désarchiver une archive tar
zip	Permet de créer, analyser ou désarchiver une archive tar

In [10]:
Mode interactif