Système

Entrée-sortie

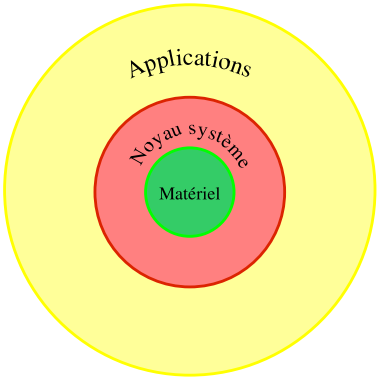
Gilles Roussel
Gilles.Roussel@univ-mlv.fr

Licence 2

1er février 2009

Les couches

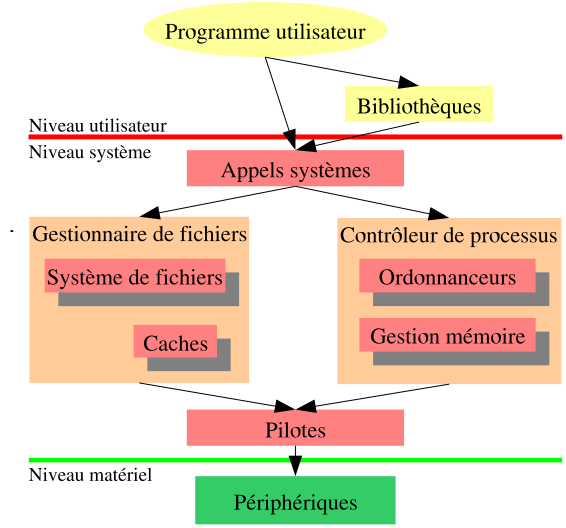
La ligne rouge est l'interface système définie de façon très rigoureuse



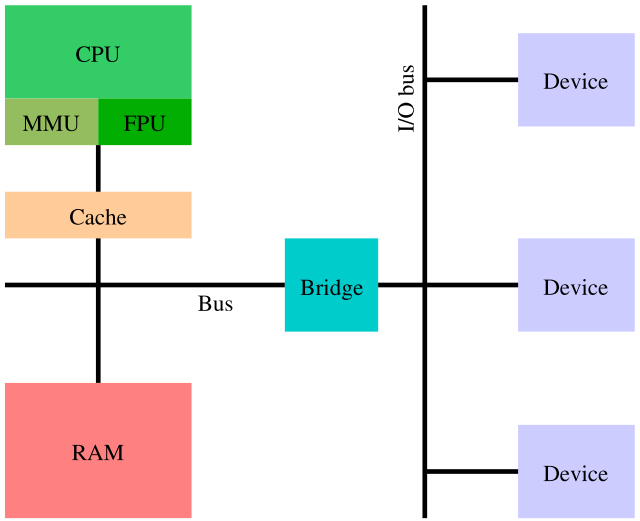
L'oignon

- Beaucoup de couches logicielles empilées
- Seuls les couches basses dépendent du matériel
- « Minimum » de chose à l'intérieur du noyau.
  Critères :
  - sécurité
  - efficacité
- Programmation :
  - complexe
  - critique

Plus de détails !



C'est quoi le matériel ?



Mais encore ?

- Processeur :
  - CPU (*Central Processing Unit*) gestion des instructions générales ;
  - MMU (*Memory Management Unit*) gestion de la mémoire et de la protection ;
  - FPU (*Floating Point Unit*) gestion des flottants ;

  Deux modes d'exécution : système et utilisateur. Alarme donne régulièrement le processeur au système
- Mémoire :
  - registres : petite mémoire à la vitesse du processeur ;
  - cache (anté-mémoire) : mémoire rapide de petite taille ;
  - RAM (*Random-Access Memory*) : mémoire centrale ;
- Bus : *medium* de communication de données ;
- *Bridge* (pont) : transferts entre différents type de bus ;
- *Device* (appareil ?) : disques, clavier, écran, souris, etc...

Les entrées-sorties

- Bibliothèque standard (ANSI) de manipulation des entrées-sorties
- Type opaque de manipulation de descripteur `FILE *` défini dans `stdio.h`
- Descripteurs de base `stdin` `stdout` et `stderrr`
- Descripteur associé (entre autre) à une position courante et à un tampon mémoire (*buffer*)
- Fonctions de manipulation *bufferisée* des entrées-sorties
  - `fgetc()` (`getchar()`) lecture d'un caractère
  - `fgets()` (~~`gets()`~~) lecture d'une chaîne de caractères
  - `fscanf()` (`scanf()`) lecture d'une chaîne de caractères formatée
  - `fputc()` (`putchar()`) écriture d'un caractère
  - `fputs()` (`puts()`) écriture d'une chaîne de caractères
  - `fprintf()` (`printf()`) écriture d'une chaîne de caractères formatée

Parenthèse : « Quel fichier d'en-tête ajouter ? »

- Trouver le fichier `.h` grâce au manuel

```
# man printf
PRINTF(1)   User Commands  PRINTF(1)
NAME
       printf - format and print data
...
```

- Le bon !

```
# man -k printf
...
printf               (1)  - format and print data
printf               (3)  - formatted output conversion
....
# man 3 printf
PRINTF(3)    Linux Programmer's Manual  PRINTF(3)
NAME
       printf, ...
SYNOPSIS
      #include <stdio.h>
...
```

Bufferisation en entrée

- Même quand un seul caractère est lu, plusieurs peuvent être lus et placés dans un tampon mémoire
- Entrée standard surtout bufferisée par le terminal de contrôle
  - Permet d'effacer les erreurs sans envoyer au programme le caractère erroné et le caractère d'effacement
  - Permet d'interpréter différemment certains caractères « spéciaux » (Ctrl-C, Ctrl-Z, etc.)
- `stty` permet de connaître et de changer le comportement du terminal de contrôle
  - `stty -a` affiche les caractéristiques du terminal de contrôle
  - `stty -icanon` permet de passer le terminal de contrôle en mode non-bufferisé
  - `stty icanon` permet de passer le terminal de contrôle en mode bufferisé

Bufferisation en sortie

- Données d'abord écrites dans un tampon mémoire
- Tampon mémoire vidé quand un caractère fin de ligne (`\n`) est écrit ou quand le tampon mémoire est plein
- Par défaut :
  - sortie standard sur terminal bufferisée par ligne
  - sortie d'erreur sur terminal non-bufferisée
- `fflush()` permet de vider le tampon mémoire
- `setvbuf()` permet de changer le comportement par défaut (avant toute utilisation)
  - `_IONBF` non bufferisé
  - `_IOLBF` bufferisé par lignes
  - `_IOFBF` bufferisation complète
- `setvbuf()` permet de préciser le tampon mémoire à utiliser

Bufferisation en sortie

stdio_test.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  fprintf(stdout,"stdout");
  fprintf(stderr,"stderr");
  fprintf(stdout,"\n");
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
# ./stdio_test
stderrstdout
```


Bufferisation en sortie

stdio_test2.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  fprintf(stdout,"stdout");
  fflush(stdout);
  fprintf(stderr,"stderr");
  fprintf(stdout,"\n");
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
#  ./stdio_test2
stdoutstderr
```

Bufferisation en sortie

stdio_test3.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  setvbuf(stdout,(char *)NULL,_IONBF,0);
  fprintf(stdout,"stdout");
  fprintf(stderr,"stderr");
  fprintf(stdout,"\n");
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
#  ./stdio_test3
stdoutstderr
```


Bufferisation en sortie

stdio_test4.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
static char buffer[1024];

int main(int argc, char *argv[]) {
  setvbuf(stderr,buffer,_IOFBF,1024);
  fprintf(stdout,"stdout");
  fprintf(stderr,"stderr");
  fprintf(stdout,"\n");
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

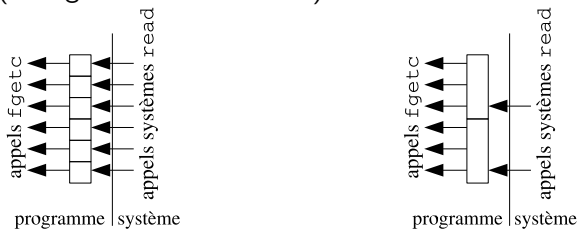
```
#  ./stdio_test4
stdout
stderr
```


Pourquoi bufferiser ?

- Pas de bufferisation :
  - Affiche le plus vite possible les données soumises
- Par ligne :
  - Évite que les lignes affichées par plusieurs processus se mélangent
- D'une taille donnée
  - Améliore les performances

Améliorer les performances ?

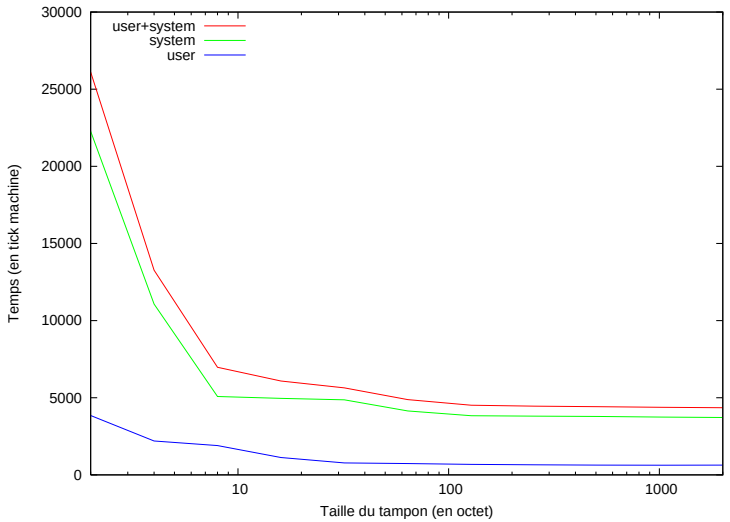
- Pour lire (ou écrire) besoin d'accéder au matériel
- Programme n'y accède pas directement
- Besoin de « passer la main » au système
  - Réalisé *via* un appel système (`read()` ou `write()`)
  - Entraîne un changement de contexte qui est coûteux
- Bufferisation évite de multiples appels systèmes (changements de contexte)



Un *benchmark*


```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/times.h>
#include <string.h>
#define MAX_BUFFER_SIZE 3000
int main(int argc, char * argv[]) {
  struct tms start, end; int i;
  char buffer[MAX_BUFFER_SIZE]; int size;
  FILE *file;
  if (!access("bench",F_OK)) {
    fprintf(stderr,"bench file already exists !\n"); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  file = fopen("bench","w");
  for (size=2;size < MAX_BUFFER_SIZE; size*=2) {
    FILE *from=fopen("/dev/urandom","r"), *to=fopen("/dev/null","w");
    setvbuf(from,buffer,_IOFBF,size); setvbuf(to,buffer,_IOFBF,size);
    times(&start);
    for (i=0;i<100000000;i++) {
      fputc(fgetc(from),to);
    }
    times(&end);
    fprintf(file,"%d %ld %ld %ld\n",size,
            end.tms_utime-start.tms_utime,end.tms_stime-start.tms_stime,
            end.tms_utime+end.tms_stime-start.tms_utime-start.tms_stime);
    fflush(file); fclose(from); fclose(to);
  }
  fclose(file);
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```


Un *benchmark*



Parenthèse : « Le fichier résultat »


```
2 3845 22269 26114
4 2196 11074 13270
8 1899 5078 6977
16 1122 4960 6082
32 773 4868 5641
64 733 4146 4879
128 679 3833 4512
256 653 3804 4457
512 636 3786 4422
1024 629 3749 4378
2048 633 3717 4350
```


Parenthèse : « Le fichier gnuplot »


```
#!/usr/bin/gnuplot

set output "bench.eps"
set terminal postscript eps color enhanced solid
set key left top
set xlabel "Taille du tampon (en octet)"
set ylabel "Temps (en tick machine)"
set xr [2:2000]
set yr [0:30000]
set logscale x
set style line 1 linetype 1 linewidth 2
set style line 2 linetype 2 linewidth 2
set style line 3 linetype 3 linewidth 2
plot "bench" using 1:4 title "user+system" with line  1, \
     "bench" using 1:3 title "system" with line  2, \
     "bench" using 1:2 title "user" with line 3
```

Parenthèse : « Et les tests d'erreur ? »

- Il faut tester les valeurs de retour
- `fprintf()` retourne le nombre de caractères écrits et une valeur négative en cas d'erreur
- `feof()` retourne normalement `0` et `EOF` en cas d'erreur
- `ferror()` retourne `0` s'il n'y a pas eu d'erreur
- `clearerr()` permet de supprimer l'indicateur d'erreur
- Numéro d'erreur placé dans variable globale `errno`
- `strerror()` et `perror()` permettent respectivement d'obtenir une chaîne de caractères associée à l'erreur et l'afficher sur la sortie d'erreur

Parenthèse : « `(f)printf` est une source de bugs de sécurité »

read_mem.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  printf(argv[1]);
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
# ./read_mem test
test
# ./read_mem '%s%s%s%s%s'
(null)ht^^bf^^c2^^bf^^c3^^af^^c2^^bf^^c2^^bf^^[%@
```


Lire ligne par ligne

- Il ne faut pas utiliser `gets()`
- `fgets()` pas si facile à utiliser pour être sûr de lire une ligne non tronquée (entière)
  `char *fgets(char *s, int size, FILE *stream);`
- Bibliothèque non-standard (GNU) `libreadline` permet de simplifier la lecture d'une ligne

Comment installer une nouvelle bibliothèque ?

- Suite de commandes standard
- Récupérer l'archive des sources : `readline-5.0.tar.gz`
- Décompresser et extraire l'archive avec la commande `tar` (`z` décompression, `x` extraction, `v` verbeux, `f` depuis un fichier):
  ```
  # tar zxvf readline-5.0.tar.gz
  ....
  ```
- Configurer par rapport à la plate-forme :
  ```
  # ./configure
  ....
  ```
  Éventuellement en précisant un répertoire d'installation
  ```
  # ./configure --prefix=${HOME}/lib
  ....
  ```
- Compiler :
  ```
  # make
  ....
  ```
- Installer :
  ```
  # make install
  ....
  ```

Utiliser `readline`

- `readline()` alloue automatiquement la ligne qu'il vient de lire
- Il faut désallouer les lignes !
- `readline()` fournit un ensemble de raccourcis pour la gestion de ligne
- `readline()` permet de sauver les lignes et de les rappeler

Un exemple

readline.c

```
#include <stdio.h>
#include <readline/readline.h>
#include <readline/history.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  char *line;
  while(NULL!=(line = readline("prompt# "))) {
    if (*line) {
      add_history(line);
    }
    if (fprintf(stdout,"%s\n",line) < 0) {
      break;
    }
    free(line);
  }
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
# gcc -o readline readline.c -Iinclude -Llib -lreadline -ltermcap
# LD_LIBRARY_PATH=lib ./readline
```


Créer un pipe en C

- `popen()` permet de lancer une commande et de récupérer un descripteur pour écrire vers l'entrée standard de la commande ou lire depuis la sortie standard de la commande
- Descripteurs bufferisés
- Comme `system()` la commande est lancée *via* un Shell
- `pclose()` permet de fermer le descripteur ainsi ouvert
- `pclose()` est bloquée tant que le processus lancé n'a pas terminé
- `pclose()` retourne la valeur de retour du processus

Un exemple


```
#define _GNU_SOURCE
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
  FILE *to_command;
  int result;
  if (NULL == (to_command = popen("cat","w"))) {
    perror("popen")
    exit(EXIT_FAILURE);
  }
  if (fprintf(to_command,"Test\n")<0) {
    perror("fprintf");
    exit(EXIT_FAILURE);
  }
  if ((result=pclose(to_command)) == -1) {
    perror("pclose");
    exit(EXIT_FAILURE);
  }
  exit(result);
}
```

Entrées-sorties vers les fichiers

- `fopen()` permet d'ouvrir un fichier
  `FILE *fopen(const char *path, const char *mode);`
  - `"r"` lecture, `"r+"` lecture/écriture à partir du début du fichier
  - `"w"` lecture, `"w+"` lecture/écriture avec tronquage ou création du fichier
  - `"a"` écriture, `"a+"` lecture/écriture toujours à partir de la fin du fichier
- Retourne un descripteur ouvert sur le fichier ou `NULL` en cas d'erreur
- Descripteur sur fichier bufferisé par défaut : il faut faire `fflush()` pour assurer l'écriture sur disque
- `fclose()` permet de fermer un descripteur ouvert ; son tampon est vidé automatiquement (`fflush()`)
- Retourne 0 si pas de problème et `EOF` en cas d'erreur

Lecture/écriture binaire

- Rarement utiles dans le cas de entrées-sorties standards
- Écriture d'un tableau contenant `nmemb` éléments de taille `size`
  `size_t fwrite(const void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);`
- Lecture bloquante d'un tableau de `nmemb` éléments de taille `size`
  `size_t fread(void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);`
- Retourne le nombre d'éléments lus ou écrits
- Si valeur de retour inférieure à nombre demandé, erreur ou fin de fichier atteinte (pour `fread()`)

Exemple : `cat.c`

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <libgen.h>
#include <errno.h>
#define BUFFER_SIZE 1024

int main(int argc, char *argv[]) {
  FILE *from; char buffer[BUFFER_SIZE]; int i; int n; int exit_status = EXIT_SUCCESS;
  if (argc<2) {
    fprintf(stderr,"usage: %s file1 [file2 ...]\n",basename(argv[0])); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  for (i=1; i<argc;i++) {
    if (NULL == (from=fopen(argv[i],"r"))) {
      perror(argv[i]); exit_status = EXIT_FAILURE; continue;
    }
    while ((n=fread(buffer,sizeof(char),BUFFER_SIZE,from))!=0) {
      if (fwrite(buffer,sizeof(char),n,stdout) != n) { break; }
    }
    if (ferror(from)) {
      perror("read"); clearerr(from); exit_status = EXIT_FAILURE;
    }
    if (ferror(stdout)) {
      perror("write"); clearerr(stdout); exit_status = EXIT_FAILURE;
    }
    fclose(from);
  }
  exit(exit_status);
}
```


Déplacement dans un fichier

- `fseek()` permet de se placer à une position particulière dans un fichier
  `int fseek(FILE *stream, long offset, int whence);`
  - `SEEK_SET` se déplace de `offset` par rapport au début du fichier
  - `SEEK_CUR` se déplace de `offset` par rapport à la position courante
  - `SEEK_END` se déplace de `offset` par rapport à la fin du fichier (valeur négative pour revenir en arrière)
- On peut aller au delà de la fin du fichier ; le fichier change de taille si écriture
- `fseek()` retourne 0 s'il n'y a pas eu d'erreur et `-1` dans le cas contraire
- `ftell()` retourne la position courante ou `-1` en cas d'erreur

Exemple : tail.c


```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <libgen.h>
#define BUFFER_SIZE 1024

int main(int argc, char *argv[]) {
  FILE *file; int size, nb; char *end; char buffer[BUFFER_SIZE];
  char usage[] = "usage: %s file nb_byte\n";
  if (argc != 3) {
    fprintf(stderr,usage,basename(argv[0])); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  size = strtol(argv[2], &end, 10);
  if ((*end !='\0') || (argv[2] == end) ) {
    fprintf(stderr,usage,basename(argv[0])); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  if (NULL == (file=fopen(argv[1],"r"))) {
    perror(argv[1]); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  if (fseek(file,-size,SEEK_END) != 0) {
    perror(argv[1]); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  while(0!=(nb=fread(buffer,sizeof(char),BUFFER_SIZE,file))) {
    if(fwrite(buffer,sizeof(char),nb,stdout)!=nb){
      perror("write"); exit(EXIT_FAILURE);
    }
  }
  if (ferror(file)) { perror("read"); exit(EXIT_FAILURE); }
  fclose(file);
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```


Lister les répertoires

- Un répertoire est un fichier un peu particulier ; il n'est pas possible de l'ouvrir avec l'API standard
- `opendir()` permet d'obtenir descripteur ouvert sur un répertoire
- Des appels successifs à `readdir()` permettent de lire les entrées du répertoire
- `readdir()` retourne une structure `dirent` qui contient un champs `d_name` qui contient le nom d'une entrée du répertoire
- Attention, l'espace mémoire associé à `d_name` peut être réutilisé à chaque appel.
- `closedir()` permet de fermer un descriptuer ouvert sur un répertoire

Exemple : ls.c


```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  DIR *dir;
  struct dirent *dirent;
  if ((dir=opendir(".")) == NULL) {
    perror("opendir"); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  while((dirent=readdir(dir))!=NULL) {
    printf("%s\n",dirent->d_name);
  }
  if (closedir(dir) == -1) {
    perror("opendir"); exit(EXIT_FAILURE);
  }
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```