*Introduction à l'algorithmique et à la programmation*

Antoine FRABOULET

antoine.fraboulet@insa-lyon.fr

INSA de Lyon, Département Télécommunications, Services et Usages



## Algorithmique

- **Algorithmique** : Science qui étudie l'application des algorithmes à l'informatique
- **Algorithme** : Suite finie, séquentielle de règles que l'on applique à un nombre fini de données, permettant de résoudre des classes de problèmes semblables.
  *L'algorithme d'Euclide permet de trouver le P.G.C.D de deux nombre* – Calcul, enchaînement des actions nécessaires à l'accomplissement d'une tâche.

*Le Petit Robert*



## Présentation

- Introduction
- Bases de l'algotithmique
  - Structure des données
  - Structure des opérations
- Quelques méthodes de tri
- Gestion des listes



## Introduction

- Un algorithme est motivé par la résolution d'une tâche
  - méthode indépendante de la machine
  - méthode indépendante du langage de programmation
  - résolution structurée
- algorithme = description des étapes de la méthode utilisée

## Algorithmique et programmation

1. Analyse du problème
2. Conception d'une solution : algorithmique
   - choix de la représentation des données
   - choix de la méthode utilisée
3. Développement : programmation
   - choix du langage de programmation
   - choix de la machine utilisée
4. Tests

On ne s'intéressera donc ici qu'à la partie **algorithmique**, ou plutôt aux **structures de données** ainsi qu'aux **opérations de calcul** utilsées en algorithmique.



## Quelques thèmes

- Tri :
  permet de réarranger et de classer des données. De nombreuses méthodes existent pour trier un ensemble, elles se différencient par la suite des étapes effectuées.
- Recherche :
  localiser des données dans un fichier. Les méthodes sont très variées et dépendent de l'organisation des données dans la mémoire.
- Traitement de chaines :
  manipulation de (longues) chaines de caractères. recherche de motifs dans des chaines (*pattern matching*), compression de fichiers, cryptographie.



## Quelques thèmes (2)

- Algorithmes sur graphes :
  résolution de problèmes complexes pouvant être représentés par une structure de données particulière (par exemple le problème du voyageur de commerce).
- Algorithmes mathématiques :
  méthodes provenant de l'analyse numérique et de l'arithmétique. Problèmes traitant de l'arithmétique des entiers, des polynômes, des matrices.
- . . .



## Bases de l'algorithmique

**Données**
- variables
- structures
- tableaux
- pointeurs
- modèles dynamiques

**Calcul**
- instructions
- conditions
- boucles
- fonctions
- récursion

l'algorithmique c'est :
le choix d'un algorithme
le choix d'une structure de données
**les deux sont indissociables**

## Structures de données

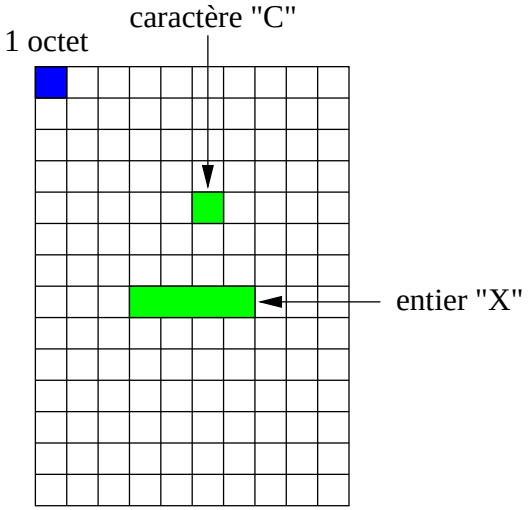
Un algorithme manipule des données :

- **Constante** : nombres, chaînes de caractères
  - 1, 2, 3, 4 . . .
  - 3,1415
  - “bonjour”
- **Variable** : nom d’une valeur en mémoire
  - caractère
  - entier
  - nombre à virgule
  - . . .



## Structures de données

- Variable = nom d’un espace en mémoire






## Structures de données : types de base

Les donneés sont *finies* : elles ont donc une taille maximale.
Par exemple, les tailles usuelles des variables en C sont les suivantes:

| nom | taille (octets) | min | max | "unsigned" |
|---|---|---|---|---|
| caractère | $1$ ($8$ bits) | $-128$ | $127$ | $255$ |
| short | $2$ ($16$ bits) | $-32768$ | $32767$ | $65535$ |
| int | $4$ ($32$ bits) | $-2^{31}$ | $2^{31}-1$ | $2^{32}-1$ |
| long | $4$ ($32$ bits) | idem | idem | idem |
| float | $4$ ($32$ bits) | $1.17 * 10^{-38}$ | $3.40 * 10^{+38}$ | |
| double | $8$ ($64$ bits) | $2.22 * 10^{-308}$ | $1.79 * 10^{+308}$ | |



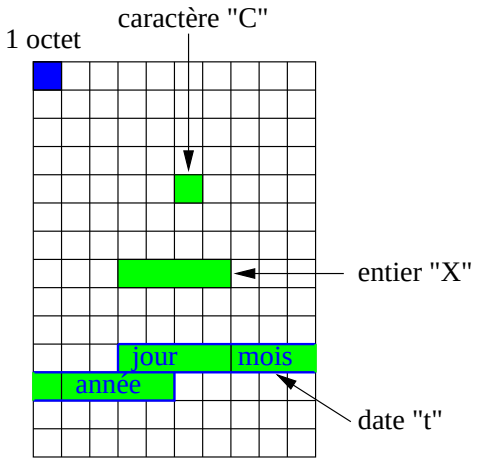
## Structures de données

- **Type construit** : structure regroupant plusieurs variables.

```
structure date = (
    entier jour
    entier mois
    entier annee
)
...
structure rendez_vous = (
    structure date date
    structure personne nom
    structure adresse lieu
)
```

## Structures de données

- Type structuré = création d'un nouveau type de variable = nom d'un espace en mémoire






## Types de base

- La contrusction de types peut être faite en combinant tous les types de base et les types déjà définis.
- L'utilisation se fait en utilisant le point "."

```
structure date (
    entier jour
    entier mois
    entier annee
)
structure date t1,t2
t1.jour = 10
t1.mois = 5
t1.annee = 2008
...
t2 = t1 (copie de toute la structure = 3
variables)
```



## Structures de données : tableaux

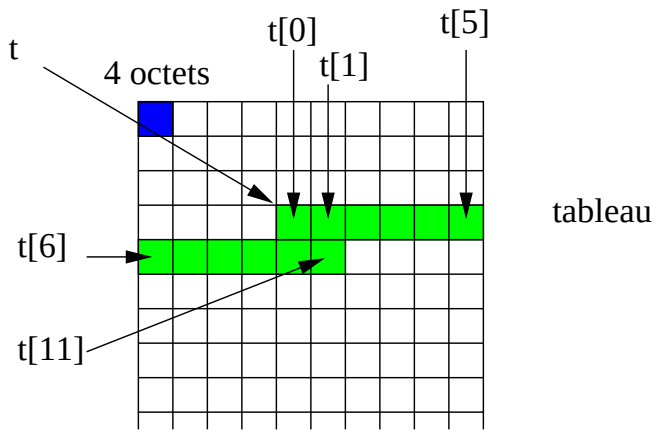
Collections de variables :

- **Tableaux** :
  structure permettant d'accéder de façon indépendante à un ensemble de variables *de même type*.
  `entier t[12]` tableau `t` contenant 12 entiers
  `entier x`
  `x = t[5]` copie du $6^{ème}$ élément de `t` dans la variable `x`
  `t[6] = 42` modification du $7^{ème}$ élément

- Un tableau est de taille fixe et ses données son contiguës en mémoire.
- Attention : le premier élément d'un tableau est souvent numéroté $0$ en informatique.



## Structures de données : tableaux (2)



## Bases de l'algorithmique

- Structures de données
  - variables
  - structures
  - tableaux
- **Structures de contrôle**
  - ...



## Structures de contrôle

Organisation des opérations :

- Opérations : `+ - * / = != ...`
  - $+ - * /$ : opérations usuelles
  - comparaisons sur les types simples
  - opérateurs logiques (et, ou, négation)
  - la priorité, l'associativité et la commutativité des opérations sont respectées
- Instructions simples et expressions
  - `x = 123`
  - `y = x+w*3`



## Exécution conditionnelle

- Exécution conditionnelle :

```
si [test est vrai] alors
   instructions
sinon
   instructions
fin si
```

*instruction*

- Exemple :

```
si a < b alors
   a = b
sinon
   b = a
finsi
```



## Éxécution répétitive

- Boucle de répétition fixe:

```
pour [ensemble de valeurs]
faire
   instructions
fin pour
```

*instruction*

- Exemple :

```
pour i=0 jusqu'à i<12 faire
   afficher t[i]
fin pour
```

## Éxécution répétitive

- Boucle de répétition “tant que”:

```
tant que [test vrai] faire
   instructions
fin tant que
```

*instruction*

- Exemple :

```
i = 0
tant que i < 12 faire
   afficher t[i]
   i = i + 1
fin tant que
```



## Structure de contrôle : fonctions

Découpage d’un programme en blocs ou *fonctions*.

- Permet de regrouper et nommer un ensemble d’instructions.
- Permet d’utiliser des paramètres.
- Permet de réutiliser une même portion de programme depuis plusieurs endroits.
- Interface = paramètres et valeur renvoyée.
- La valeur renvoyée peut être ignorée si on ne l’utilise pas.
- passage des paramètres
  - passage par valeur : seule la valeur de la variable est importante
  - passage par adresse : la variable peut être modifiée par la fonction



## Exemple de fonction

```
entier TrouveMaximum(entier a, entier b)
{
   entier m                ( variable locale m )
   si a < b alors
      m = b
   sinon
      m = a
   fin si
   renvoyer m
}
```

---

```
...
i = TrouveMaximum(1,100)
j = TrouveMaximum(i,120)
...
```



## Structure d’une fonction

```
entier TrouverMaximum(entier a, entier b)
{
   entier m
   si a < b alors
      m = b
   sinon
      m = a
   fin si
   renvoyer m
}
```

## Fonctions récursives

- itérative : exécution répétitive sur des ensembles de données
- récursive : une fonction s'appelle elle même avec un ensemble de données à traiter plus petit

```
entier f(entier n)
{
    entier r
    si n = 0 alors
        r = 1
    sinon
        r = n * f(n-1)
    fin si
    renvoyer r
}
```



## Structure d'un programme

- On peut utiliser une variable ou une fonction uniquement si elle est déjà définie dans le programme
- Visibilité des variables
  - variables locales : internes à un bloc
  - variables globales : visibles dans tout le programme
- Le déroulement d'un programme commence
  - à la première instruction isolée
  - en appelant une fonction dont le nom est fixé à l'avance



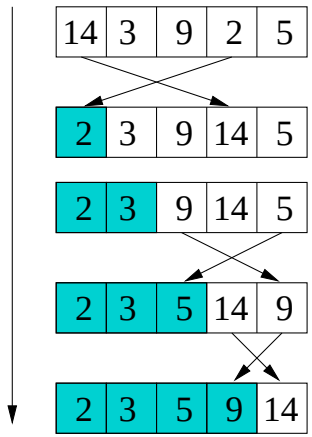
## Bases de l'algorithmique

- Structures de données
  - variables
  - structures
  - tableaux
  - ...
- Structures de contrôle
  - instructions
  - conditions
  - boucles
  - fonctions
  - récursion
- **Quelques méthodes de tri**



## Tri par sélection

- on cherche l'élément de plus petite valeur dans le tableau
- le placer en tête du tableau
- recommencer avec le tableau moins la première case



## Tri par sélection

```
TriSelection(entier t[], entier taille)
{
   entier i,j,min,tmp
   pour i=0 jusqu'à j < taille-2 faire
      min = i
      pour j = i+1 jusqu'à j < taille faire
         si t[j] < t[min] alors
            min = j
         fin si
      fin pour
      tmp = t[min]
      t[min] = t[i]
      t[i] = tmp
   fin pour
}
```



## Autres tris

- insertion : méthode utilisée pour trier une main de jeu de carte. On prend les cartes une par une de la gauche vers la droite. Pour chaque carte on la place au bon ordre parmi les précédentes.
- bulle : les éléments les plus petits se «déplacent» vers le début du tableau. Les éléments contiguës sont échangés 2 à 2.
- par segmentation (ou tris rapide) : faire 2 ensembles séparés par une valeur *pivot*. Tous les éléments inférieurs au pivot sont rangés à gauche, tous les éléments supérieurs à droite, puis trier les deux nouveaux tableaux de la même manière (on s'arrête lorsque les tableaux ont un seul élément).



## Tri par insertion

```
TriInsertion(entier t[], entier taille)
{
   entier i,j,tmp
   pour i=0 jusqu'à i<taille faire
      tmp = t[i]
      j = i
      tant que j>0 et t[j-1] > tmp faire
         t[j] = t[j-1]
         j = j-1
      fin tant que
      t[j] = tmp
   fin pour
}
```



## Tri bulle

```
TriBulle(entier t[], entier taille)
{
   entier i,j,tmp
   pour i = taille jusqu'à i>1 avec i = i-1
faire
      pour j = 1 jusqu'à j<i faire
         si t[j-1] > t[j] alors
            tmp = t[j-1]
            t[j-1] = t[j]
            t[j] = tmp
         fin si
      fin pour
   fin pour
}
```

## Coût des algorithmes

Plusieurs algorithmes peuvent faire la même chose mais en effectuant un nombre d'opérations différent.
→ Différencier leurs coûts :

- coût en temps d'exécution
- coût en place mémoire
- nombre de transferts mémoire

Le nombre d'étapes et la place mémoire dépendent le plus souvent de la taille des entrées de l'algorithme (la taille des tableaux par exemple).



## Complexité des algorithmes

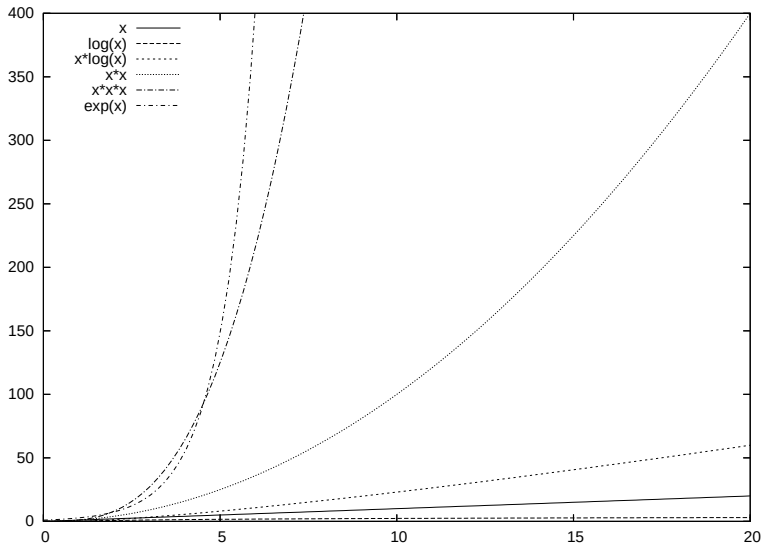
Tris par sélection : il y a 2 boucles imbriquées et le nombre d'opérations effectuées est proportionnel à $n^2$.
On peut différencier l'analyse pour

- meilleur cas
- cas moyen
- pire cas

Le tri par insertion a la même complexité dans les 3 cas mais pas le tris bulle dont la complexité peut varier.



## Différentes complexité






## Comparaison des ordres de grandeur

- taille du problème / temps d'exécution

| | taille du problème : n | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2 | $2^4$ | $2^6$ | $2^8$ |
| $\ln \ln n$ | 0 | 2 | 2.58 | 3 |
| $\ln n$ | 1 | 4 | 6 | 8 |
| $n$ | 2 | 16 | 64 | 256 |
| $n \ln n$ | 2 | 64 | 384 | 2 048 |
| $n^2$ | 4 | 256 | 4096 | 65 536 |
| $2^n$ | 4 | 65 536 | 1.84e+19 | 1.15e+77 |
| $n!$ | 2 | 2.09e+13 | 1.26e+89 | 8.57e+506 |

## Algorithmique pratique

- L'algorithme reste le même quel que soit la nature des données à traiter.
- Les modifications sont à faire dans des points très précis : ceux où l'on regarde le *contenu* des données.
- Pour changer le type des tableaux que nous savons pour l'instant trier et avoir, par exemple, des tableaux de carte de visite il suffit de changer les endroits où l'on **compare** les éléments des tableaux.



## Les tris externes

- On peut vouloir avoir simultanément plusieurs classements sur un même ensemble de données (par nom, par ville, par date pour des rendez vous par exemple)
- On peut également vouloir avoir l'ordre des éléments d'un ensemble *sans les changer de place*
- Utilisation d'index pour avoir des classements sans modifier les données.



## Bases de l'algorithmique

- **Structures de données**
  - variables
  - structures
  - tableaux
  - **pointeurs**



## Pointeurs

- Un pointeur est une variable contenant une adresse
- Les pointeurs permettent de manipuler des objets sans avoir à les nommer (comme les tableaux !). Mais on peut allouer dynamiquement les de nouvelles variables.
- Les pointeurs peuvent être construits à partir de n'importe quel type
  `entier *pi :  pi contient l'adresse d'un entier`
  `structure date *t :  t contient l'adresse d'une date`
- On peut obtenir l'addresse d'un objet avec l'opérateur &
  ```
  entier i
  entier *pi = &i
  i = 3
  (*pi) = 4 :  i est égal à 4
  ```

## Modèles de données dynamiques

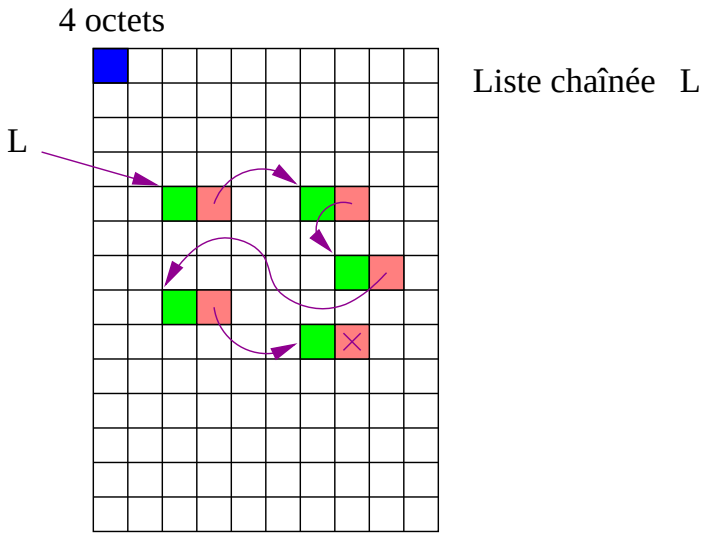
- **Structures dynamiques** : Arbres, listes chaînées, piles, files . . .
  structures dynamiques dont la taille peut varier au cours de l'exécution du programme. L'accès aux informations stockées dépend de la structure.

Ce type de structure utilise des **pointeurs**

```
structure elmt_liste {
    int valeur;
    structure elmt_liste* suivant;
}
```

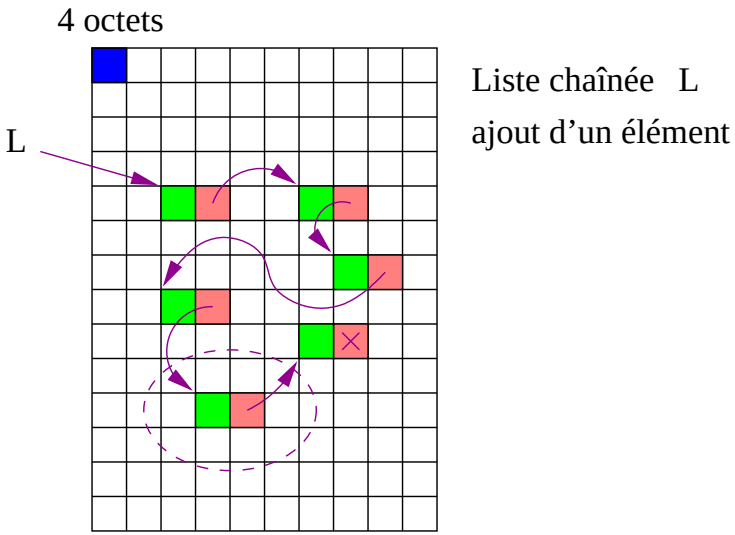


## Structures de données : liste (2)






## Structures de données: liste (3)

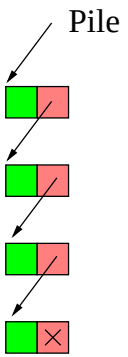





## Structures de données

- Choix de manipulation des structures
  - Listes
  - Piles (Last In First Out)
  - Files (First In First Out)

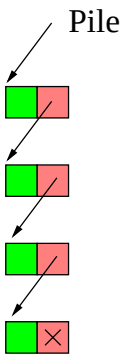
## Structures de données : Piles




- ajouter toujours au sommet
- seul le sommet est visible
- retirer toujours au sommet



## Structures de données : Files

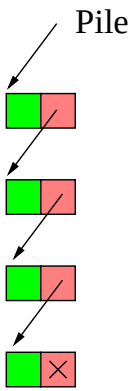


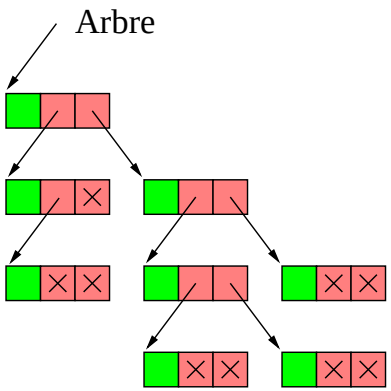

- ajouter toujours au sommet
- seul le dernier est visible
- retirer toujours à la fin

- on peut garder un pointeur sur la fin pour être plus efficace



## Structures de données






## Conclusion

- données
  - variables
  - structures
  - tableaux
  - pointeurs
  - modèles dynamiques
- calcul
  - instructions
  - conditions
  - boucles
  - fonctions
  - récursion

l'algorithmique c'est :
le choix d'un algorithme
le choix d'une structure de données
**les deux sont indissociables**

## Conclusion

- Dans un programme de grande taille le temps d'exécution est dominé par un poignée d'algorithmes
- Beaucoup de programmes sont sur-optimisés. Il n'est pas indispensable de trouver tout le temps le «meilleur» algorithme partout, sauf si ces derniers sont des tâches conséquentes ou très répétitives.
- Un mauvais choix d'algorithme pour une partie critique peut rendre le programme entier inutilisable.



## Quelques livres

- Initiation à l'algorithmique et aux structures de données, Courtin & Kowarski, Dunod, 1989
- Introduction à l'algorithmique, Cormen, Leiserson & Rivest, Dunod, 1994
- Algorithmes en langage C, Sedgewick, InterEditions, 1991