Introduction à la programmation en Python

Luca Saiu
http://ageinghacker.net

IUT de Villetaneuse, département R&T

Octobre 2018

Slides originaux par Camille Coti, modifiés par Luca Saiu
Polycopiés originaux par Camille Coti

mis à jour le 5 octobre 2018

Plan du cours

1. Introduction à l'algorithmique
   - Les variables
   - Les tests
   - Boucles
   - Programmation structurée
2. Introduction à Python
   - Les variables en Python
   - Structures de contrôle
   - Fonctions
3. Structures de données
   - Types de collections
   - Itération sur les élements d'une collection
   - Collections imbriquées et sharing

La page web officielle du cours

Slides des cours, versions électroniques des polys, TD, TP...

`http://ageinghacker.net/teaching/`

La page peut contenir des corrections et des intégrations à ces slides.

Introduction

Étymologie du mot "informatique"

Formé de la contraction des mots **information** et **automatique**.

- L'informatique est un outil de traitement automatique de l'information.
- On doit alors **définir** comment des informations vont être traitées (automatiquement) par l'ordinateur.

La science informatique n'est pas plus la science des ordinateurs que l'astronomie n'est celle des télescopes – Edsger Dijkstra

- L'ordinateur est un **outil** qui traite l'information comme le programme lui dit de la traiter.

Pourquoi l'algorithmique

Qu'est-ce qu'un algorithme ?

- Un algorithme définit ce que fait un programme
- Il définit quel comportement suivre selon la situation rencontrée

Algorithme : définition

Série d'instructions qui doit être exécutée par un programme.

Définition de Wikipedia :

- Processus systématique de résolution d'un problème permettant de décrire les étapes vers le résultat ;
- Suite finie et non-ambiguë d'instructions permettant de donner la réponse à un problème.

Comment décrire un algorithme

Définition de Wikipedia :

- L'**algorithmique** est l'ensemble des règles et des techniques qui sont impliquées dans la définition et la conception d'algorithmes.

Algorithmique

Formalisme permettant de décrire la série d'instructions exécutée par un programme indépendamment d'un langage de programmation en particulier.

Les algorithmes sont décrits en **pseudo-code**, compréhensible par le lecteur humain mais assez précis pour transcrire les structures et les instructions de l'algorithme.

Par quoi est constitué un algorithme

Un algorithme permet d'obtenir un résultat à partir de données d'entrée. Il est donc constitué des éléments suivants :

- Un début et une fin ;
- Un nom ;
- Des données d'entrée ;
- Des données de sortie, qui sont le résultat du calcul effectué par l'algorithme ;
- Un ensemble d'instructions exécutées par l'algorithme.

Exemple : algorithme de calcul d'une valeur absolue

```
1 début fonction abs( i : Entier ) : Entier
2 |   si i > 0 alors
3 |   |   r ⟵ i
4 |   sinon
5 |   |   r ⟵ −i
6 |   fin si
7 |   retourner r
8 fin fonction
```

Importance d'un bon algorithme

Compréhension et modélisation du problème

- L'algorithme modélise le comportement du programme

Correction du résultat

- Algorithme faux $\rightarrow$ résultat du calcul faux

Efficacité du calcul

- Coût d'un calcul = nombre d'opérations et quantité d'information manipulée
- Ces quantités sont définies par l'algorithme
- Algorithme efficace $\rightarrow$ calcul efficace (et inversement)

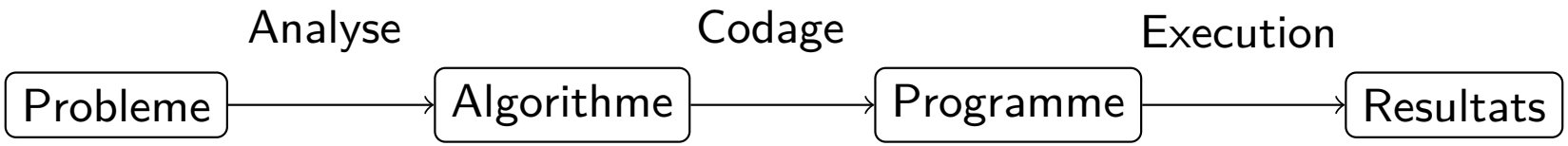
L'étude algorithmique d'un problème est indispensable

La bonne conception d'un algorithme est fondamentale préalablement à l'écriture d'un programme informatique.

Généricité des algorithmes

Les algorithmes sont écrits dans un langage de descriptions des algorithmes (pseudo-code)

- Indépendant du langage de programmation
  $\rightarrow$ Un algorithme peut être implémenté dans n'importe quel langage



Représentation des données

Définition

Une **variable** correspond à l'emplacement mémoire d'une donnée. Elle sert à stocker une valeur d'un certain **type** à un instant donné de l'exécution du programme.

Les variables d'un algorithmes sont :

- D'entrée : données d'entrée de l'algorithme
- De sortie : résultat du calcul effectué par l'algorithme
- Interne à l'algorithme : ni d'entrée ni de sortie mais utilisée à l'intérieur de l'algorithme

Type de variables

Définition

Le **Type** d'une variable est le type de donnée qui pourra être contenu dans cette variable.

Exemples :

- Entier : tout nombre entier
- Booléen : vrai ou faux
- Caractère
- Nombre réel
- Chaîne de caractères
- Tableau...

On ne peut pas mettre une donnée d'un type dans une variable d'un autre type

- Exception : un transtypage est parfois possible (entier dans réel...)

Affectation

Affectation d'une valeur à une variable

Pour écrire une valeur dans une variable, on dit que l'on **affecte** cette valeur à la variable. On le note de la façon suivante :

$$variable \longleftarrow valeur$$

```
1 début
2 |   maVariable : Entier
3 |   maVariable ⟵ 42
4 fin
```

- On **déclare** le type de la variable avant de l'utiliser
- Les déclarations sont généralement rassemblées au début de l'algorithme

Les tableaux

Tableaux

Un tableau est un type particulier de variable. Il contient un **ensemble de valeurs** de même type, stockées de façon contiguë en mémoire.

Exemple : tableau d'entiers

3	5	2	1	12	5	2	9

Caractéristiques d'un tableau

- À tout moment, un tableau a une certaine *taille*
- Il contient un certain type de données

Déclaration d'un tableau

- On le déclare avec le type de données qu'il contient et sa taille

```
1 début
2 |   monTableau[8] : Tableau d'Entiers
3 fin
```

Les tableaux (suite)

Tableau à plusieurs dimensions

- On donne la taille dans chaque dimension
  - Exemple en 2D (ordre C) : d'abord le nombre de lignes, puis le nombre de colonnes

Accès aux données d'un tableau

- Les cases du tableau sont numérotées de 0 à $N - 1$ (si N est la taille du tableau)
- On accède aux données d'un tableau en utilisant l'indice dans ce tableau

```
1 début
2 |   /* Variables d'entree */
3 |   maMatrice[10][10] : Tableau d'Entiers
4 |   /* Variables de sortie */
5 |   i : entier
6 |   /* Affectation */
7 |   i ⟵ maMatrice[2][3]
8 fin
```

Booléen

Booléen

Un booléen est une variable à deux états : **Vrai** ou **Faux**. On représente aussi parfois ces deux états par 1 et 0.

Les opérateurs de comparaison renvoient un booléen. Exemple :

- $1 > 0$ renvoie Vrai
- $1 == 0$ renvoie Faux

Lorsqu'une condition est évaluée, on regarde sa valeur (booléen). Exemple :

```
1 début
2 |   maVar : Entier
3 |   maVar ⟵ 0
4 |   si maVar < 5 alors
5 |   |   maVar ⟵ maVar + 1
6 |   fin si
7 fin
```

- $maVar$ est initialisé à 0
- On teste $maVar < 5$
  - Équivalent à tester $0 < 5$
- La condition vaut **Vrai**
- Donc on exécute le bloc d'instruction après le mot-clé **alors**

Un peu d'algèbre de Boole

On peut évaluer des expressions booléennes en utilisant des opérateurs :

Opérateurs logiques

- ET logique (AND, *conjonction*) : .
- OU logique (OR, *disjonction*) : $+$
- OU exclusif (eXclusive OR, XOR) : $\oplus$
- Négation : $^-$ ou ! ou

Exemples :

- $a.b$
- $a + b$
- $a \oplus b$
- $\overline{a + b}$ =!$(a + b)$
- $a + \overline{b} = a$+!b

Tables de vérité :

.	0	1
0	0	0
1	0	1

+	0	1
0	0	1
1	1	1

$\oplus$	0	1
0	0	1
1	1	0

La **négation** transforme un Vrai en Faux et inversement :

- $\overline{Vrai} = Faux$
- $\overline{Faux} = Vrai$

Un peu d'algèbre de Boole (suite)

Prenons $a = Vrai$ et $b = Faux$.
Exemples d'expressions booléennes :

- $a + b = Vrai + Faux = Vrai$
- $a + \overline{b} = Vrai + \overline{Faux} = Vrai + Vrai = Vrai$
- $\overline{a.\overline{b}} = \overline{Vrai.\overline{Faux}} = \overline{Vrai.Vrai} = \overline{Vrai} = Faux$

Attention aux parenthèses !

- $(a + b).(c + d)$

Exemples de compositions d'expressions booléennes sur des variables en algorithmique :

- $(a > b) ET (a > 0)$
  - Si $a = 1$ et $b = 2$: $(a > b) = Faux$ donc l'expression vaut $Faux$
  - Si $a = 3$ et $b = 2$: $(a > b) = Vrai$ et $(a > 0) = Vrai$ donc l'expression vaut $Vrai$
- $(a > b) OU (a > 0)$
  - Si $a = 1$ et $b = 2$: $(a > b) = Faux$ et $(a > 0) = Vrai$ donc l'expression vaut $Vrai$
  - Si $a = 3$ et $b = 2$: $(a > b) = Vrai$ et $(a > 0) = Vrai$ donc l'expression vaut $Vrai$

Une forme de commande : les tests

Un test est une **structure conditionnelle** : les instructions exécutées dépendent de la réalisation ou non d'une condition.

Définition

Un **test** définit une condition et un comportement à suivre si elle est réalisée. Optionnellement, il peut définir un comportement à suivre dans le cas contraire.

Syntaxe :

- La **condition**, de type booléen, est donnée entre les mot-clés **si** et **alors**
- L'**action réalisée si la condition est vérifiée** (*branche then*) est donnée après le mot-clé **alors**
- Si on donne une **action à réaliser si la condition n'est pas vérifiée** (*branche else*), elle est introduite par le mot-clé **sinon**
- Le test est terminé par le mot-clé **fin si**

```
1 si condition alors
2 |   action1
3 sinon
4 |   action2
5 fin si
```

Condition d'un test

La condition d'un test est une **expression booléenne**

- Valeurs possibles : VRAI ou FAUX

Elle est évaluée pour décider quel bloc d'instructions exécuter.

On peut tester :

- l'égalité entre deux variables : $var1 == var2$
- la non-égalité entre deux variables : $var1 != var2$
- une relation d'ordre entre deux variables : $var1 > var2$
- ou toute expression renvoyant $Vrai$ ou $Faux$

```
1 début
2 |   maVar : Entier
3 |   maVar ⟵ 0
4 |   si maVar < 5 alors
5 |   |   maVar ⟵ maVar + 1
6 |   fin si
7 fin
```

On peut combiner des expressions booléennes en utilisant les opérateurs logiques ET et OU (attention aux parenthèses) :
$((var1 == var2)\ ET\ (var1 > 0))\ OU\ (var2 < 0)$.

Une forme de commande : blocs d'instructions

Un algorithme est structuré par **blocs d'instructions** contenant plusieurs instructions à exécuter séquentiellement.

- Exemple : les instructions à exécuter si la condition d'un test est réalisée
  - Les lignes 5 et 6 sont un bloc
  - La ligne 8 est un bloc
- Des blocs peuvent être **imbriqués**
  - Un bloc d'instructions peut être inclus dans un autre bloc.
  - Les lignes 2 à 9 sont un bloc
  - Les deux blocs dans la condition sont des blocs imbriqués dans ce bloc

```
1  début
2      maVar : Entier
3      maVar ⟵ 0
4      si maVar < 5 alors
5          maVar ⟵ maVar + 1
6          afficher( mavar )
7      sinon
8          maVar ⟵ 0
9      fin si
10 fin
```

- Des instructions d'un bloc sont décalées vers la droite au même niveau
- Un bloc est indiqué par une ligne verticale sur la gauche

Tests imbriqués

On peut **imbriquer** des tests, c'est-à-dire qu'un test peut être effectué dans le corps d'un autre test.

- On effectue un test ligne 4
- Si la condition est réalisée, on exécute le bloc situé entre les lignes 5 et 8
  - On effectue alors un autre test ligne 6
  - Si la condition est réalisée, on exécute le bloc ligne 7
- Sinon, on exécute le bloc ligne 10.

Le test situé entre les lignes 6 et 8 est imbriqué dans le test situé entre les lignes 4 et 11.

```
1  début
2      maVar : Entier
3      maVar ⟵ 0
4      si maVar < 5 alors
5          maVar ⟵ maVar + 1
6          si maVar > 2 alors
7              afficher( mavar )
8          fin si
9      sinon
10         maVar ⟵ 0
11     fin si
12 fin
```

Une forme de commande : les boucles

Condition d'arrêt

La condition d'arrêt d'une boucle est une condition (une expression booléenne) qui détermine le moment où une boucle doit arrêter d'exécuter le bloc d'instructions.

Une boucle sert à **répéter** un bloc d'instructions tant qu'une condition de continuation est satisfaite ou que la condition d'arrêt n'est pas satisfaite.
Exemples d'utilisation :

- Parcours d'un tableau, calcul itératif...

* Une boucle utilise un bloc d'instructions : c'est tout le bloc d'instructions correspondant qui est répété.

Il est possible que le bloc d'instructions ne soit pas exécuté du tout (si la condition d'arrêt est déjà satisfaite) ou un nombre infini de fois (souvent un bug).

Boucle **Pour**

On définit un compteur et :

- Une initialisation de ce compteur
  - $i \leftarrow 0$
- Une *limite* en tant que condition d'arrêt pour sortir de la boucle
  - **à** 9
- Un pas qui modifie le compteur **à la fin** de chaque itération
  - **pas** 1

On termine le bloc avec **fin pour**

Exemple : algorithme de remplissage d'un tableau de 10 cases.

```
1 début
2 |   tab[10] : Tableau d'entiers
3 |   pour i ⟵ 0 à 9 pas 1 faire
4 |   |   tab[i] = 2 * i
5 |   fin pour
6 fin
```

Boucle **Pour** (suite)

Le **pas** est n'importe quel modificateur sur le compteur : il peut être négatif, non linéaire...

```
1 début
2 |   pour i ⟵ 10 à 0 pas −2 faire
3 |   |   afficher( i )
4 |   fin pour
5 fin
```

Affichage par le programme :

```
10
8
6
4
2
0
```

```
1 début
2 |   pour i ⟵ 1 à 35 pas ∗2 faire
3 |   |   afficher( i )
4 |   fin pour
5 fin
```

Affichage par le programme :

```
1
2
4
8
16
32
```

La boucle s'exécute tant que i est inférieur ou égale à 35 : on s'arrête à 32.

Boucle Tant que... faire

La boucle *Tant que* exécute un bloc d'instructions tant qu'une condition est vraie : c'est la **condition de boucle**.

- La condition de boucle est définie après le mot-clé **Tant que**
- L'action à effectuer est donnée entre les mot-clés **faire** et **fin tq** : on définit un bloc d'instructions qui est répété

Attention aux boucles infinies !

- Il faut que la condition de boucle finisse par être invalidée...

Exemple : algorithme de calcul des puissances de 2 inférieures à 50.

```
1 début
2 |   puissance : Entier
3 |   puissance ⟵ 1
4 |   tant que puissance < 50 faire
5 |   |   afficher( puissance )
6 |   |   puissance ⟵ puissance * 2
7 |   fin tq
8 fin
```

Affichage :

```
1
2
4
8
16
32
```

Boucle **Tant que... faire** (suite)

```
1 début
2 |   puissance : Entier
3 |   puissance ← 1
4 |   tant que puissance < 50
  |    faire
5 |   |   afficher( puissance )
6 |   |   puissance ←
  |   |     puissance ∗ 2
7 |   fin tq
8 fin
```

Détail de l'exécution :

- *puissance* vaut 1
- *puissance* est-il inférieur à 50 ? oui donc on exécute le bloc
- Affichage : 1
- *puissance* vaut 2
- Retour à la ligne 4 : *puissance* est-il inférieur à 50 ? oui donc on exécute le bloc
- Affichage : 2
- *puissance* vaut 4
- ...
- Lorsque *puissance* prend la valeur 64 : la condition ligne 4 n'est plus satisfaite et on sort de la boucle

Réecrire les boucles pour en tant que ... faire

On peut écrire une boucle **tant que ... faire** équivalente à une boucle **pour** :

- Le compteur est initialisé avant d'entrer dans la boucle **tant que ... faire**
- La condition de boucle est la même que la condition d'arrêt de la boucle **pour**
- Le compteur est modifié à la fin du bloc d'instruction exécuté par la boucle **tant que ... faire**

```
1 début
2 |   pour i ⟵ 0 à 9 pas 1 faire
3 |   |   tab[i] = 2 * i
4 |   fin pour
5 fin
```

```
1 début
2 |   i : entier
3 |   i ⟵ 0
4 |   tant que i < 10 faire
5 |   |   tab[i] = 2 * i
6 |   |   i ⟵ i + 1
7 |   fin tq
8 fin
```

La version **pour** est plus lisible.

Boucle **Faire ... tant que**

- La boucle **Faire ... tant que** exécute un bloc d'instructions **puis** évalue une condition de boucle
- Le bloc d'instructions est répété si la condition de boucle est satisfaite

```
1 début
2     puissance : Entier
3     puissance ← 1
4     faire
5         afficher( puissance )
6         puissance ←
            puissance * 2
7     tant que puissance < 20 ;
8 fin
```

Détail de l'exécution :

- *puissance* vaut 1
- Affichage : 1
- *puissance* vaut 2
- *puissance* est-il inférieur à 20 ? oui donc on ré-exécute le bloc : retour à la ligne 4
- Affichage : 2
- *puissance* vaut 4
- ...
- Lorsque *puissance* a pris la valeur 32 : la condition ligne 7 n'est plus satisfaite et on sort de la boucle

Différence entre les boucles **Faire ... tant que** et **Tant que ... faire**

- La boucle **Faire ... tant que commence par évaluer** la condition de boucle
  - **Puis** elle exécute le bloc d'instructions si la condition de boucle est validée
- La boucle **Tant que ... faire** exécute le bloc d'instructions **puis elle évalue** la condition de boucle

Algorithme d'attente à un stop :

```
1 début
2 |   vitesse : Entier
3 |   faire
4 |   |   vitesse ⟵ 0
5 |   tant que voituresArrivent ;
6 |   vitesse ⟵ 50
7 fin
```

Algorithme d'attente à un feu rouge :

```
1 début
2 |   vitesse : Entier
3 |   tant que couleurFeu == rouge
  |    faire
4 |   |   vitesse ⟵ 0
5 |   fin tq
6 |   vitesse ⟵ 50
7 fin
```

Avec un stop on s'arrête, puis on regarde si on peut avancer. À un feu de circulation, on s'arrête si le feu est rouge ; si le feu n'est pas rouge, on avance.

Décomposition d'un problème en sous-problèmes

"... diviser chacune des difficultés que j'examinerais en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour mieux les résoudre."

Discours de la méthode (1637)
René Descartes

Fonctions

Définition

Une **fonction** définit une action effectuée sur un ensemble de paramètres qui produit un résultat retourné comme valeur de sortie de la fonction.
Elle fournit une **abstraction** pour cette action vis-à-vis des algorithmes qui l'appellent.

Analogie avec les fonctions mathématiques : $f : x \mapsto f(x)$

- On définit la fonction une fois
- On l'appelle autant de fois qu'on veut

Avantages : factorisation de code, abstraction pour la conception de l'algorithme... Permet de se concentrer sur l'algorithme lui-même plutôt que sur les détails.

Paramètres et résultat

On donne les paramètres et leur type

- On déclare les paramètres entre parenthèses
- On les utilise dans la fonction en utilisant **ce nom** : ce sont des variables
- Il existe des paramètres
  - D'entrée : utilisés dans la fonction
  - De sortie : modifiés dans la fonction
  - Ou les deux : utilisés et modifiés dans la fonction

On déclare le type retourné

- Déclaration de la fonction suivie par **: type**
- On sort de la fonction avec le mot clé **retourner** et la valeur retournée

```
1 début fonction carre( nombre : Entier ) :
   Entier
2 |   resultat : Entier
3 |   resultat ⟵ nombre × nombre
4 |   retourner resultat
5 fin fonction
```

Appel de fonction

On appelle la fonction à partir d'un autre algorithme

- On lui passe en paramètres des variables de l'algorithme appelant
- La valeur retournée est mise dans une variable de l'algorithme appelant

```
1 début programme
2 |   nombreDepart : Entier
3 |   calcul : Entier
4 |   calcul ⟵ carre ( nombreDepart )
5 fin programme
```

```
1 début fonction carre( nombre : Entier ) :
  Entier
2 |   resultat : Entier
3 |   resultat ⟵ nombre × nombre
4 |   retourner resultat
5 fin fonction
```

La fonction fournit donc une **abstraction** de l'action qu'elle réalise paramétrée par les variables passées lors de l'appel.

Procédures

Une procédure effectue une **action**. Elle ne retourne rien.

- Affichage : pas de résultat de calcul à récupérer
- Calcul sur des **variables de sortie**

On sort de la procédure

- À la fin du bloc d'instructions principal
- Ou quand on rencontre le mot-clé **retourner**

Procédures (exemple)

```
1 début programme
2 |   puissance : Entier
3 |   puissance ( puissance )
4 |   afficher ( puissance )
5 fin programme
```

```
1 début procédure puissance( petitepuissance : Entier Sortie )
2 |   petitepuissance ⟵ 1
3 |   tant que Vrai faire
4 |   |   petitepuissance ⟵ petitepuissance × 2
5 |   |   if petitepuissance > 200 then
6 |   |   |   retourner
7 |   |   end if
8 |   fin tq
9 fin procédure
```

Visibilité des variables

Les variables déclarées dans la fonction

- ne sont visibles **que** dans la fonction

Les variables déclarées dans le programme appelant

- ne sont visibles **que** dans le programme appelant
- ne sont **pas** visibles dans la fonction

Les variables passées en paramètre

- sont appelées par leur nom dans le programme appelant dans l'appel de la fonction
- sont appelées par le nom utilisé pour les déclarer dans la fonction elle-même

Visibilité des variables

Les variables sont visibles uniquement dans la fonction, la procédure ou le programme dans lequel elles ont été déclarées, et dans aucune des fonctions ou procédures appelées ou qui l'appellent.

Approche descendante

Les fonctions et les procédures fournissent une **abstraction sur les actions réalisées par le programme**

- Possibilité de les utiliser pour se concentrer sur la structure du programme plutôt que sur la résolution des sous-problèmes

On décompose le problème en **sous-problèmes**

- On fait dans un premier temps l'hypothèse qu'ils sont résolus
- On s'en occupe plus tard

La conception de l'algorithme dans sa globalité est ainsi **plus simple**

- Décomposer pour mieux maîtriser

On retarde le plus possible le moment de décrire les calculs

Approche descendante : exemple

Théorème de Pythagore : *"le carré de l'hypoténuse d'un triangle rectangle est égal à la somme des carrés des longueurs des deux autres côtés"*.

```
1  début fonction hypo( cote1 : Entier, cote2 : Entier ) : Entier
2      /* variables internes */
3      carre1 : Entier
4      carre2 : Entier
5      hypotenusecarre : Entier
6      hypotenuse : Entier
7      /* on calcule la somme des carrés des côtés */
8      carre1 ⟵ carré( cote1 )
9      carre2 ⟵ carré( cote2 )
10     hypotenusecarre ⟵ carre1 + carre2
11     /* on prend la racine carrée de la somme et on retourne
           le résultat */
12     hypotenuse ⟵ racine( hypotenusecarre )
13     retourner hypotenuse
14 fin fonction
```

Approche descendante : exemple (suite)

```
1 début fonction carré( nombre : Entier ) : Entier
2     moncarre : Entier
3     moncarre ⟵ nombre × nombre
4     retourner moncarre
5 fin fonction
```

...et puis je pense à la fonction **racine**.

Récursivité

Une fonction ou une procédure peut **s'appeler elle-même**

- Elle est alors partiellement définie à partir d'elle-même

```
1 début fonction calcul( var : Entier ) : Entier
2 |   si var == 1 alors
3 |   |   retourner var
4 |   sinon
5 |   |   retourner var×calcul( var − 1 )
6 |   fin si
7 fin fonction
```

- Correspond bien aux relations de récurrence
- Attention au point d'arrêt !

Introduction à Python

Python est un **Langage de script**

- Rapidité de développement
- Utilisation pour des scripts d'administration système, analyse de fichiers textuels (logs...)
- Langage pour le web : développement d'applications web, scripts CGI, serveurs...
- Accès aux bases de données relationnelles

Python est un **langage de programmation**

- Programmes complets en Python
- Interfaçage facile avec des bibliothèques dans d'autres langages (C, C++, Fortran...)
- Accès aux interfaces graphiques facilité
- Permet de se concentrer sur l'algorithme plutôt que l'implémentation : calcul scientifique pour les non-informaticiens...

Exécution de programmes Python

Deux moyens d'exécuter des scripts Python :

- En **ligne de commande** : dans l'interpréteur interactif
  - On lance l'interpréteur

```
1 coti@maximum:~$ python
2 Python 2.7.3rc2 (default, Apr 22 2012, 22:30:17)
3 [GCC 4.6.3] on linux2
4 Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more
      information.
5 >>> print 3
6 3
```

  - Rapidité de mise en place
  - Permet de tester des choses
- En **exécutant un script**
  - Fichier exécutable
  - Deux possibilités :
    - Exécution directe et le script appelle l'interpréteur
    - Attention aux droits (+x)

```
1 coti@maximum:~$ ./monscript.py
```

    - Lancement dans l'interpréteur

```
1 coti@maximum:~$ python ./monscript.py
```

Scripts Python

Si il est lancé seul, un script Python doit remplir deux conditions :

- Être **exécutable** (`+x`)
- Spécifier le chemin vers l'interpréteur : c'est le **shebang**

On place le shebang au début du fichier :

```
1  #!/usr/bin/python
```

Attention : si le shebang ne pointe pas vers le bon interpréteur, erreur.

```
1  coti@thorim:/tmp$ cat demo.py
2  #!/usr/python
3  coti@thorim:/tmp$ ./demo.py
4  -bash: ./demo.py: /usr/python: bad interpreter: No
       such file or directory
```

Possibilité de faire coexister plusieurs versions de Python sur le système.

Commentaires en Python

Pour commenter une ligne de code on utilise #

- Une ligne commentée n'est pas exécutée
- Commente tout ce qui suit la ligne
- Commente une et une seule ligne : le commentaire s'arrête à la fin de la ligne

Pour commenter plusieurs lignes, on encadre la section à commenter par ''' (triple quote) ou """ (triple double quote)

- Le commentaire commence au triple quote
- Il se termine au triple quote suivant
- Impossible d'imbriquer des commentaires sur plusieurs lignes

```
1  #!/usr/bin/python
2
3  '''
4  un commentaire
5  sur plusieurs lignes
6  '''
7
8  # un commentaire sur une ligne
```

Sur le commentaires en plusieurs lignes : c'est une approximation de la vérité, mais ce n'est pas toute la vérité ; si vous êtes curieux demandez-moi plus tard.

Affichage d'une chaîne de caractères

On affiche une chaîne de caractères avec l'instruction `print`

- En suivant directement l'instruction `print`

```
1 >>> print "toto"
2 toto
3 >>> a = 2
4 >>> print a
5 2
```

- Ou n'importe quoi entre parenthèses

```
1 >>> print( a )
2 2
```

- Les chaînes de caractères sont données entre guillemets, sinon elles sont interpretées comme des noms de variables

```
1 >>> print "toto"
2 toto
```

Affichage d'une chaîne de caractères

Opérateur de concaténation : +

- Attention, le + est d'abord interprété comme un opérateur mathématique si il est utilisé sur autre chose que des chaînes de caractère

```
1 >>> print a + 3
2 5
3 >>> print a, 3
4 2 3
```

Possibilité d'afficher deux éléments de types différents à la suite avec , (séparés par un espace).
On ne peut concaténer que des variables de même type :

```
1 >>> print "toto" + 3
2 Traceback (most recent call last):
3   File "<stdin>", line 1, in <module>
4 TypeError: cannot concatenate 'str' and 'int'
      objects
```

Solution : convertir la valeur en chaîne de caractères

```
1 >>> print "toto" + str( 3 )
2 toto3
3 >>> print "toto", 3
4 toto 3
```

Type des variables (Attention : la version papier est différente !)

Type **implicite** :

- On ne déclare pas les variables
- **les variables n'ont pas de type**
  - mais **les valeurs** ont un type
- on peut affecter une variable en lui donnant une valeur d'un autre type

Exemple :

```
1  maVar1 = 5          # un entier
2  maVar2 = 3.0        # un reel
3  maChaine = "Toto" # une chaine de caracteres
```

Je répète : c'est parfaitement acceptable pour Python d'affecter à une variable en lui donnant une valeur d'un type, puis l'affecter encore avec une valeur d'un autre type.

```
1  maVar = 5          # un entier
2  maVar = "toto"     # une chaine de caracteres
```

Types fournis par Python

Entiers :

- integer : 32 bits
- long integer : 64 bits

```
1 >>> a = 3    # entier
2 >>> b = 1L   # entier long
```

Réels :

- type float : 64 bits, virgule flottante

Complexes :

- partie réelle et partie imaginaire
- type float pour chacun des nombres

```
1         >>> z = 9+5J
2         >>> print z.imag
3         5.0
4         >>> print z.real
5         9.0
6         >>> print z
7         (9+5j)
```

Chaînes de caractères

Chaînes de caractères :

- données entre ' (simple quote) ou entre " (double quote)
- si la chaîne contient un ' ou un " : on l'échappe avec un \ pour qu'il ne soit pas interprété

```
1    str = "Vive la prog"
2    str2 = 'Python c\'est bon'
3    str3 = "Python c\'est bon"
```

Concaténation avec + :

```
1  >>> toto = "blabla"
2  >>> titi = "blublu"
3  >>> tata = toto + titi
4  >>> print tata
5  blablablublu
```

Introspection (Attention à la version papierã: pas que des variables !)

Définition : *Connaissance qu'une entité a d'elle-même.*

Ici : possibilité qu'a le programme d'examiner la structure d'une valeur, de connaitre son type.

- On utilise la fonction `type()`

```
1     >>> i = 5
2     >>> type( i )
3     <type 'int'>
4     >>> j = 6L
5     >>> type( j )
6     <type 'long'>
7     >>> z = 9+5J
8     >>> type( z )
9     <type 'complex'>
10    >>> type( z.real )
11    <type 'float'>
```

Conversion de type [erreur sur la version papier ! **valeurs**, pas “variables”]

But : obtenir une **valeur** d'un type donné correspondant à la même valeur d'un autre type.

- On utilise une fonction qui **construit** la nouvelle valeur du type voulu
- Cette fonction porte le nom de ce type
  - Exemple : pour un entier, fonction `int()`

```
1  >>> type( 7.0 )
2  <type 'float'>
3  >>> int( 7.0 )
4  7
5  >>> type( int( 7.0 ) )
6  <type 'int'>
```

Si le résultat ne peut pas contenir toute l'information de la valeur initiale, la valeur est tronquée

- Exemple : un réel converti en entier $\rightarrow$ l'entier contient la partie entière du réel

```
1  >>> a = 7.7
2  >>> b = int( a )
3  >>> print b
4  7
```

Saisie d'une valeur par l'utilisateur — 1/2

Saisie d'une chaîne de caractères par l'utilisateur : `raw_input()`

- Ce qui est lu est *toujours* considéré comme une chaîne de caractères
- Paramètre (optionnel) : invite affichée à l'écran

```
1  >>> a = raw_input( "entrer une valeur " ))
2  entrer une valeur toto
3  >>> type( a )
4  <type 'str'>
5  >>> b = raw_input()
6  3
7  >>> type( b )
8  <type 'str'>
```

Saisie d'une valeur par l'utilisateur — 2/2

Saisie d'une valeur par l'utilisateur : `input()`

- Le type du résultat de `input()` dépend de la valeur saisie

```
1  >>> c = input( "---> " )
2  ---> 4
3  >>> type( c )
4  <type 'int'>
5  >>> d = input( )
6  toto
7  Traceback (most recent call last):
8    File "<stdin>", line 1, in <module>
9    File "<string>", line 1, in <module>
10 NameError: name 'toto' is not defined
11 >>> d = input( )
12 "toto"
```

Blocs en Python

L'indentation est primordiale

- C'est le niveau d'indentation qui définit les blocs
- Utilisation de la **tabulation**

Les blocs n'ont pas de délimiteur de fin explicite : c'est le retour au niveau d'indentation inférieur (vers la gauche) qui l'indique.

```
1  if True:
2          # debut d'un bloc
3          print "on est dans le bloc"
4  # fin d'un bloc
5  print "retour dans le bloc d'origine"
```

Chaque bloc imbriqué est situé à un niveau d'indentation supérieur : une tabulation supplémentaire vers la droite.

Tests

Mot-clé `if` suivi de la condition et deux points `:` Le bloc à exécuter est indenté vers la droite

```
1  a = 5
2  if a > 0:
3       print "a est positif"
```

Alternative : mot-clé `else` suivi de deux points `:`

```
1  a = 5
2  if a >= 0:
3       print "a est positif ou nul"
4  else:
5       print "a est negatif"
```

Possibilité d'enchainer les tests avec `elif`

```
1  a = 5
2  if a > 0:
3      print "a est positif"
4  elif a == 0:
5      print "a est nul"
6  else:
7       print "a est negatif"
```

Boucle for

On peut répéter un ensemble d'instructions avec la boucle **for**

- Correspond à la boucle **Pour** vue en algorithmique
- On itère sur un **ensemble de valeurs**

Par exemple, l'ensemble d'entiers compris entre deux valeurs : fonction `range()`

- Un seul argument : entiers compris entre 0 et cet argument (exclu)

```
1 >>> print range( 5 )
2 [0, 1, 2, 3, 4]
```

- Deux arguments : entiers compris entre le 1er et le 2eme argument

```
1 >>> print range( 2, 5 )
2 [2, 3, 4]
```

- Trois arguments : entiers compris entre le 1er et le 2eme argument avec un pas correspondant au 3eme argument

```
1 >>> print range( 1, 10, 3 )
2 [1, 4, 7]
```

Boucle for (suite)

Une utilisation de la boucle `for` consiste donc à intérer sur un ensemble de valeurs d'un compteur

- Ensemble de valeurs suivi de deux points :
- Le bloc à exécuter est indenté d'un cran

```
1 for i in range( 0, 10, 2 ):
2         print i
```

correspond à :

```
1 pour i ⟵ 0 à 9 pas 2 faire
2 |   afficher(i)
3 fin pour
```

Affichage obtenu :

```
1 coti@thorim:~$ ./demo.py
2 0
3 2
4 4
5 6
6 8
```

Boucle conditionnelle **while**

Un autre type de boucle est la boucle conditionnelle : un bloc d'instructions est répété tant qu'une condition est réalisée.

- La condition est évaluée **avant** d'exécuter le bloc d'instructions
- Si elle n'est jamais réalisée, on n'entre jamais dans la boucle

On utilise le mot-clé `while`

- Condition suivie de deux points `:`
- Le bloc à exécuter est indenté d'un cran

```
1  i = 0
2  while i < 10 :
3        print i
4        i = i + 1
```

En langage algorithmique, cela correspondrait à une boucle `tant que` :

1 $i : Entier$
2 $i \longleftarrow 0$
3 **tant que** $i < 10$ **faire**
4 $\quad afficher(i)$
5 $\quad i \longleftarrow i + 1$
6 **fin tq**

Fonctions et procédures

La définition d'une fonction est introduite par le mot-clé `def`

- Suivi du nom de la fonction
- Entre parenthèses, ses arguments (parenthèses vides si aucun)
- Enfin, la ligne est terminée par deux points `:`

Le corps de la fonction est un bloc : on l'**indente** donc d'un cran vers la droite

On peut sortir d'une fonction de deux façons :

- En arrivant à la fin de la fonction : retour à l'indentation de niveau maximal (complètement à gauche), dans le cas d'une procédure
- En exécutant le mot-clé `return`
  - Soit seul : fin d'une procédure (ne retournant rien)
  - Soit suivi d'une variable qui est retournée par la fonction

```
1 def maFonction( a ):
2         print "parametre : " + str( a ) + " de type " + str( type( a ) )
3         return type( a )
```

Appel d'une fonction

On appelle une fonction **par son nom**, en lui passant ses **paramètres entre parenthèses**

```
1  def maFonction( a ):
2          print "parametre : " + str( a ) + " de type " + str( type( a ) )
3          return type( a )
4
5  # ailleurs dans le programme
6  maFonction( 5 )
7  maFonction( "toto" )
```

Attention : pas de vérification du type des arguments passés

- Source d'erreurs pas directement détectées : c'est lors de l'utilisation de la variable de type incorrect dans la fonction que l'erreur est annoncée (si elle l'est...)
- Rend possible l'appel de la fonction avec des arguments de différents types

Point d'entrée dans le programme

Vous pouvez penser que "l'exécution d'un script Python commence par la **première ligne en-dehors de toute fonction**"

- On exécute la première ligne du bloc de plus haut niveau qui ne soit pas une définition de fonction

```
1 def maFonction( a ):
2         print "parametre : " + str( a ) + " de type " + str( type( a ) )
3         return type( a )
4
5 maFonction( 5 ) # premiere ligne executee
```

Les programmes Python complexes sont souvent composés de plusieurs *modules* (plus de détails plus tard)

- Nom du module dans lequel on se trouve : variable `__name__`
- Module principal = `__main__`

Généralement, on commence par tester si on se trouve dans le module principal

- Si c'est le cas, on effectue nos appels de fonction
- Intérêt : écrire des modules auto-suffisants ou utilisables par d'autres scripts

```
1 if __name__ == "__main__":
2     appel_fonction()
```

Collections

Définition : une **collection** est une structure de données permettant de stocker des ensembles.

Trois types en Python :

- Les listes
- Les tuples
- Les dictionnaires

Les opérations que l'on peut effectuer sur chacune sont spécifiques au type de collection.

Particularité : les éléments contenus dans les collections ne sont **pas forcément tous du même type** en Python.
(Typiquement ils doivent l'être dans les langages typés statiquement.)

Les listes

Ensemble d'éléments :

- stockés en séquence, pas nécessairement en ordre
- modifiables

Notation :

- La liste est donnée entre crochets
- Les éléments sont séparés par des virgules

```
1    >>> l = []
2    >>> type( l )
3    <type 'list'>
4    >>> m = [5, -3.0, 'toto', 2, 1, 3]
```

On peut dire qu'une liste est *ordonnée* au sens que **l'ordre dans lequel ses éléments sont disposés a de l'importance**.

- Pour accéder à un élément de la liste : utilisation de l'opérateur crochets
- La numérotation des indices commence à 0.

```
1    >>> print m[0]
2    5
```

Opérations sur les listes

Nombre d'éléments dans une liste : fonction `len()`

```
>>> len( m )
6
```

Compter le nombre de fois où un élément apparait dans le liste : fonction `count()`

```
>>> lst5 = [ 3, 5, 2, 4, 4, 3]
>>> lst5.count( 4 )
2
```

Opérations sur les listes — méthodes

Certains opérations sont réalisées comme **méthodes**. À ce moment vous pouvez penser à une méthode comme une variante syntaxique d'une fonction.

Syntaxe d'appel :
object.**nomméthode**(**paramètresactuels**)

Ajouter un élément dans une liste (destructivement) :

- À la fin de la liste : méthode `append()`

```
1 >>> jour = ['lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi']
2 >>> jour.append( 'dimanche' )
3 >>> print jour
4 ['lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi', 'dimanche']
```

- À un endroit précis de la liste : méthode `insert()`

```
1 >>> jour.insert( 5, 'samedi')
2 >>> print jour
3 ['lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi', 'samedi',
4 'dimanche']
```

Opérations sur les listes

Retirer un élément d'une liste (destructivement) : méthode `remove()`

```
1 >>> jour.remove( 'samedi' )
2 >>> print jour
3 ['lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi', 'dimanche']
```

Si l'élément se trouve plusieurs fois dans la liste, seul le premier est retiré.

Retirer un élément d'une liste (destructivement) en le retournant : méthode `pop()`

- Si un indice est passé en paramètre : on retire l'élément correspondant à cet indice
- Si pas de paramètre passé : on retire le dernier élément de la liste

```
1 >>> jour.pop()
2 'dimanche'
3 >>> print jour
4 ['lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi']
5 >>> jour.pop(2)
6 'mercredi'
7 >>> print jour
8 ['lundi', 'mardi', 'jeudi', 'vendredi']
```

Opérations sur les listes

Concaténation de listes (non destructive) : opérateur `+`

```
1  >>> lst1 = [1, 2, 3]
2  >>> lst2 = [9, 8, 7]
3  >>> lst3 = lst1 + lst2
4  >>> print lst3
5  [1, 2, 3, 9, 8, 7]
```

Tri (destructif) des éléments d'une liste : méthode `sort()`

```
1  >>> lst2.sort()
2  >>> print lst2
3  [7, 8, 9]
```

Assemblage (non destructif) des éléments d'une liste sous forme d'une chaîne de caractères : méthode `join()` des chaînes, qui prend une liste en paramètre

```
1  >>> lst4 = [ 'i', 'u', 'tv' ]
2  >>> "-".join(lst4)
3  'i-u-tv'
```

Les tuples

Tuple : structure de donnée proche d'une liste, mais **non modifiable**

- Les éléments sont séparés par des virgules
- Quand l'on construit une tuple à partir de ses élements, souvent il faut mettre les éléments entre parenthèses pour désambiguïser

Opérations sur les tuples : les mêmes que pour les listes, en-dehors des opérations destructives.

```
1 >>> jour = ('lundi', 'mardi', 'mercredi', 'jeudi', 'vendredi')
2 >>> jour.append( 'dimanche' )
3 Traceback (most recent call last):
4   File "<stdin>", line 1, in <module>
5 AttributeError: 'tuple' object has no attribute 'append'
```

Pourquoi utiliser des tuples :

- Implémentés de façon plus simple que les listes : ils utilisent moins de ressources (en particulier en mémoire).
- Pour s'assurer qu'un ensemble ne sera pas modifié par une autre partie du programme

Pourquoi ne pas utiliser des tuples :

- Non modifiables : plus contraignants

Les dictionnaires

Dictionnaire : structure de donnée qui effectue une association entre une **clé** et une **valeur**.

Notation :

- Définition en utilisant des accolades.
- Une clé est séparée de sa valeur par deurs points :
- Couples clé-valeur séparés par des virgules

```
1 >>> dic = { 'pomme' : 'fruit' , 'poire' : 'fruit', 'poireau' :
2 'legume' }
```

Opérations sur les dictionnaires

Accéder aux valeurs : on donne la clé entre crochets

```
1 >>> dic['poireau']
2 'legume'
```

Ajouter une nouvelle paire, destructivement : on change quelle valeur est associé à la clé

```
1 >>> dic['tomate'] = 'fruit'
2 >>> print dic
3 {'poire': 'fruit', 'tomate': 'fruit', 'poireau': 'legume', 'pomme': 'fruit'}
```

Suppression d'un couple, destructivement :

- Suppression en retournant la valeur : méthode `pop()`, prenant la clé de l'élément à supprimer

```
1 >>> dic.pop( 'poireau' )
2 'legume'
3 >>> print dic
4 {'poire': 'fruit', 'tomate': 'fruit', 'pomme': 'fruit'}
```

- Suppression simple : opérateur `del` sur un élément désigné par sa clé entre crochets

```
1 >>> del dic['pomme']
2 >>> print dic
3 {'poire': 'fruit', 'tomate': 'fruit'}
```

Opérations sur les dictionnaires

Obtenir les clés et les valeurs d'une dictionnaire : méthodes `keys()` et `values()`. Non destructives.

```
1 >>> dic.keys()
2 ['poire', 'tomate', 'poireau', 'pomme']
3 >>> dic.values()
4 ['fruit', 'fruit', 'legume', 'fruit']
```

Remarque : les résultats sont des listes.

Existence d'une clé dans le dictionnaire : méthode `has_key()`.

```
1 >>> dic.has_key( 'tomate' )
2 True
```

Éléments d'une collection

On peut effectuer une boucle `for` en itérant sur les éléments contenus dans une collection : utilisation du mot-clé `in`

```
1 lst = [1, 4, 6]
2 for i in lst:
3     print i
```

La variable d'itération contient l'élément de la liste sur lequel on se trouve.

On peut tester l'`appartenance` à une collection :

```
1 lst = [1, 4, 6]
2 if 4 in lst:
3     print 4 est present
```

Éléments d'une collection

Sur un dictionnaire :

- Itération sur les **clés** des couples avec `in` :

```
1 >>> for d in dic:
2 ...     print d
3 ...
4 poire
5 tomate
6 poireau
7 pomme
```

  La variable d'itération contient la clé du couple sur lequel on se trouve. Bien sûr on peut utiliser l'opérateur `[]` dans le corps de la boucle.

- ... et il y a d'autres façons : si vous êtes curieux, cherchez la méthode `iteritems()` sur le web.

Utilisation de collections pour représenter des tableaux

On représente généralement les tableaux par des listes

- On accède aux éléments avec l'indice correspondant entre crochets

```
1 >>> tab = [ 1, 3, 6, 2, 4 ]
2 >>> print tab[2]
3 6
```

Pour aller plus loin : modules de calcul scientifique numpy et scipy

- Numpy définit un type `array` et un type `matrix`
- Fournissent des opérations sur ces matrices

Collections imbriquées

On peut **imbriquer** des collections : mettre des collections dans les champs d'une collection

- C'est notamment une façon de représenter un tableau à plusieurs dimensions

```
1  >>> lst = [ [1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9] ]
2  >>> print lst
3  [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]]
4  >>> print lst[2]
5  [7, 8, 9]
6  >>> print lst[2][1]
7  8
```

Précaution importante (La version papier dit ńshallow copyż au lieu de sharing)

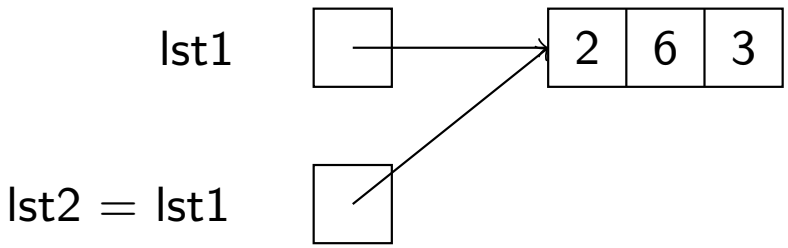
Attention : Python fonctionne en désignant les variables par leur **référence**. Une référence désigne l'adresse de début de l'espace mémoire occupé par la variable.

Exemple :

- Déclaration d'une liste `lst1`
- `lst1` contient en réalité la référence de cette liste
- On copie la liste référée par `lst1` dans une autre variable
- C'est en réalité la référence de la liste qui sera copiée :

```
1 >>> lst1 = [ 2, 6, 3 ]
2 >>> lst2 = lst1
3 >>> print lst2
4 [2, 6, 3]
```

- On parle de **sharing**



Précaution importante

Si on effectue une modification sur la liste pointée par `lst2` :

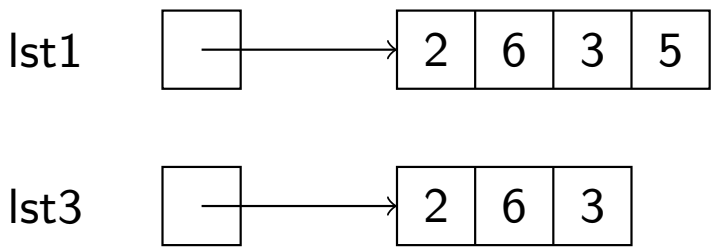
- En mémoire, `lst1` et `lst2` désignent la **même entité**
- La modification est donc effectuée sur la liste pointée par `lst1`

```
1 >>> lst2.append( 5 )
2 >>> print lst1
3 [2, 6, 3, 5]
```

Pour faire une vraie copie : copie explicite de l'élément

- On crée un nouvel élément et on recopie dedans le contenu de l'élément à copier
- On parle de **deep copy**

```
1 >>> lst3 = list( lst1 )
2 >>> print lst3
3 [2, 6, 3, 5]
4 >>> lst3.append( 1 )
5 >>> print lst3, lst1
6 [2, 6, 3, 5, 1] [2, 6, 3,
      5]
```



Shallow copy

On peut également faire une copie d'une structure, mais avec sharing des élements : on appelle cette technique **shallow copying**.

- ce n'est pas du **sharing**, ni du **deep copy**
- partage ńintermédiaireż : la structure n'est pas la même, mais les éléments le sont
- parfois utile

En tout cas, en raisonnant sur les collections, il faut *toujours* penser au type de copie et à **quelles valeurs sont partagées**.

Bibliography I

Saiu, L. (2018). La page web de mes cours.
http://ageinghacker.net/teaching
La page web officielle du cours contient des pointeurs à des ressources web, une copie de ces transparents et le matériel par Camille Coti.