Informatique et Programmation

Cours 9

Jean-Jacques Lévy

jean-jacques.levy@inria.fr

http://jeanjacqueslevy.net/prog-py

Plan

- algorithme glouton (`Dijkstra`)
- algorithme glouton (marche du cavalier)
- exploration exhaustive (sac à dos)
- exploration exhaustive (les 8 reines)
- programmation dynamique (plus courts chemins, `Warshall`)
- programmation dynamique (plus longue chaîne commune)

dès maintenant: télécharger Python 3 en `http://www.python.org`

Recap

- mots clés en Python (déjà vus en rouge)

```
>>> help()
help> keywords

Here is a list of the Python keywords.  Enter any keyword to get more help.

False               class               from                or
None                continue            global              pass
True                def                 if                  raise
and                 del                 import              return
as                  elif                in                  try
assert              else                is                  while
async               except              lambda              with
await               finally             nonlocal            yield
break               for                 not
```

Python ++

- rupture de boucle
  - `break` arrête la boucle
  - `continue` saute à l'itération suivante

```
for i in range (10):
    if i * 2 == 4 :
        break
    print (i, end = " ")
```

➡ 0 1

```
for i in range (10):
    if i * 2 == 4 :
        continue
    print (i, end = " ")
```

➡ 0 1 3 4 5 6 7 8 9

- instruction vide
  - `pass` ne fait rien

```
if 4 * 2 == 4 :
   pass
else :
   print ("8 is not 4")
```

➡ 8 is not 4

Python ++

- traitement des exceptions
  - `try:` début d'un bloc avec exception possible
  - `except IOError:` récupère l'exception `IOError`
  - `except:` récupère toutes les exceptions
  - `finally:` pour le traitement normal **et** le traitement exceptionnel

```
def lire_lignes (nom) :
    try:
        f = open (nom, 'r')
        return f.read().splitlines()
    except IOError:
        print("Fichier '%s' inexistant." % nom)

lire_lignes('abc')
```

➨ Fichier 'abc' inexistant.

- alias de module
  - `as` déclare un alias pour un module (par exemple si le nom est trop long)

```
import random as r

r.choice (['a', 'b', 'c'])
```

➨ 'a'

Recap

- mots clés en Python (déjà vus en rouge)

```
>>> help()
help> keywords

Here is a list of the Python keywords.  Enter any keyword to get more help.

False               class               from                or
None                continue            global              pass
True                def                 if                  raise
and                 del                 import              return
as                  elif                in                  try
assert              else                is                  while
async               except              lambda              with
await               finally             nonlocal            yield
break               for                 not
```

Devoir maison

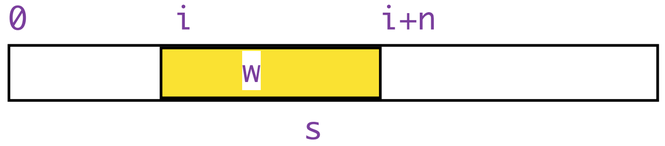
- question 1

```
def nb_base (c, s) :
    r = 0
    for ch in s :
        if c == ch :
            r = r + 1
    return r
```

- question 2

- question 3

```
def eq_seq_at (w, i, s) :
    n = len(w)
    for j in range (n):
        if w[j] != s[i+j] :
            return False
    return True
```



- question 4

```
def nb_seq (w, s) :
    r = 0
    for i in range (len(s) - len(w) + 1) :
        if eq_seq_at (w, i, s) :
            r = r + 1
    return r
```

- question 5

Détection de virus dans l'ADN

Projet du fin du cours Algorithme et Programmation

École EEEA – 2022

L'acide désoxyribonucléique (ADN) est une séquence de plusieurs milliards de bases adénine (A), guanine (G), cytosine (C), and thymine (T). Voici un exemple de bout d'ADN humain :

```
TATTTACCATATCAGATTCACATTCAGTCCICAGCAAAATGAAGGGCTCCATTTTCACTCIGTTTTTATT
TATTTACCATATCAGATTCACATTCAGTCCICAGCAAAATGAAGGGCICCATTTTCACTCTGTTTTTATT
CTCTGTCCTATTTGCCATCTCAGAAGTGCGGAGCAAGGAGTCTGTGAGACTCTGTGGGCTAGAATACATA
CGGACAGTCATCTATATCIGTGCTAGCTCCAGGTGGAGAAGGCATCAGGAGGGGATCCCICAAGCTCAGC
AAGCTGAGACAGGAAACTCCTTCCAGCICCCACATAAACGTGAGTTTTCTGAGGAAAATCCAGCGCAAAA
CCTTCCGAAGGTGGATGCCTCAGGGGAAGACCGTCITTGGGGIGGACAGATGCCCACTGAAGAGCTTIGG
AAGTCAAAGAAGCATTCAGTGATGTCAAGACAAGATTTACAAACTTTGTGTTGCACTGATGGCTGTTCCA
TGACTGATTTGAGTGCICTTTGCTAAGACAAGAGCAAATACCCAATGGGTGGCAGAGCTTTATCACATGT
TTAATTACAGTGTTTTACTGCCTGGTAGAACACTAATATTGTGTTATTAAAATGATGGCTTTTGGGTAGG
CAAAACTICTTTTCTAAAAGGTATAGCIGAGCGGTIGAAACCACAGIGATCICTATTTTCICCCTTIGCC
TAAAAATGCTATAAACCA
```

En Python, on représentera les bouts d'ADN par des chaînes de caractères `'A'`, `'T'`, `'G'`, `'C'`. Par exemple `s = 'TATTTACCATATCAGAT'`. Rappel : une expression Python sur plusieurs lignes s'écrit en finissant chaque ligne (sauf la dernière) par le caractère \ .

****

Question 1 Écrire la fonction `nb_base(c, s)` qui compte le nombre de base `c` dans le bout d'ADN `s`.

Question 2 Quels sont les nombres de base `A`, `C`, `T`, `G` dans l'exemple d'ADN précédent.

****

On recherche les nombres de motifs dans des bouts d'ADN. Par exemple, on compte 10 motifs `CTA` dans l'exemple d'ADN précédent.

Question 3 Écrire la fonction `eq_seq_at(w, i, s)` qui répond vrai si le motif `w` figure en position `i` dans `s`, et faux s'il n'y figure pas.

Question 4 Écrire la fonction `nb_seq(w, s)` qui compte le nombre d'occurences du motif `w` dans le bout d'ADN `s`.

Question 5 Quels sont les nombres des motifs `GCA` et `CATCTCAGA` dans l'exemple d'ADN précédent.

Devoir maison

- expression sur plusieurs lignes

```
print (2 + \
    3)
```

```
s = 'TATTTACCATATCAGATTCACATTCAGTCCICAGCAAAATGAAGGGCTCCATTTTCACTCIGTTTTTATT\
TATTTACCATATCAGATTCACATTCAGTCCICAGCAAAATGAAGGGCICCATTTTCACTCTGTTTTTATT\
CTCTGTCCTATTTGCCATCTCAGAAGTGCGGAGCAAGGAGTCTGTGAGACTCTGTGGGCTAGAATACATA\
CGGACAGTCATCTATATCIGTGCTAGCTCCAGGTGGAGAAGGCATCAGGAGGGGATCCCICAAGCTCAGC\
AAGCTGAGACAGGAAACTCCTTCCAGCICCCACATAAACGTGAGTTTTCTGAGGAAAATCCAGCGCAAAA\
CCTTCCGAAGGTGGATGCCTCAGGGGAAGACCGTCITTGGGGIGGACAGATGCCCACTGAAGAGCTTIGG\
AAGTCAAAGAAGCATTCAGTGATGTCAAGACAAGATTTACAAACTTTGTGTTGCACTGATGGCTGTTCCA\
TGACTGATTTGAGTGCICTTTGCTAAGACAAGAGCAAATACCCAATGGGTGGCAGAGCTTTATCACATGT\
TTAATTACAGTGTTTTACTGCCTGGTAGAACACTAATATTGTGTTATTAAAATGATGGCTTTTGGGTAGG\
CAAAACTICTTTTCTAAAAGGTATAGCIGAGCGGTIGAAACCACAGIGATCICTATTTTCICCCTTIGCC\
TAAAAATGCTATAAACC'
```

Exploration

on distingue 3 méthodes d’exploration

- algorithmes gloutons
  - un choix local permet d’obtenir la solution globale

- exploration exhaustive
  - on parcourt les solutions globales jusqu’à trouver la bonne solution
  - retours arrière possibles (*backtracking*)

- programmation dynamique
  - on mémorise tous les résultats partiels pour obtenir la solution globale
  - demande de la mémoire supplémentaire

Algorithme glouton

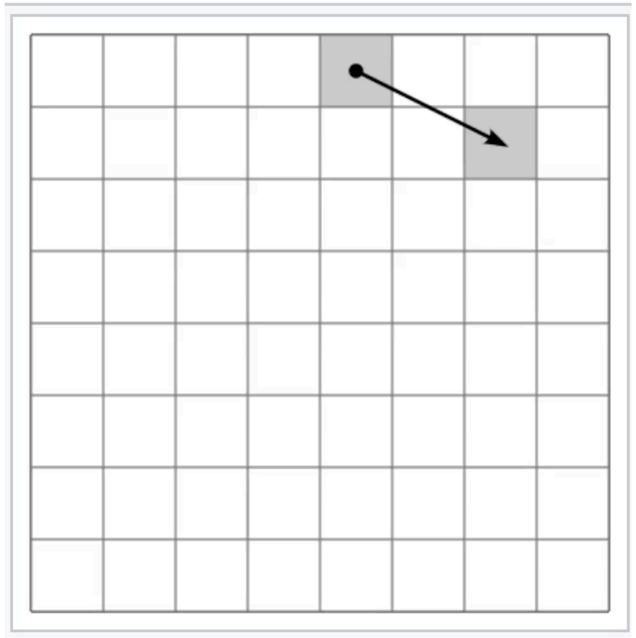
- plus court chemin dans un graphe (`Dijkstra`)

[on cherche le minimum local — cf cours 8]

- arbre de recouvrement minimal dans un graphe non-orienté valué (`Kruskal, Prim`)

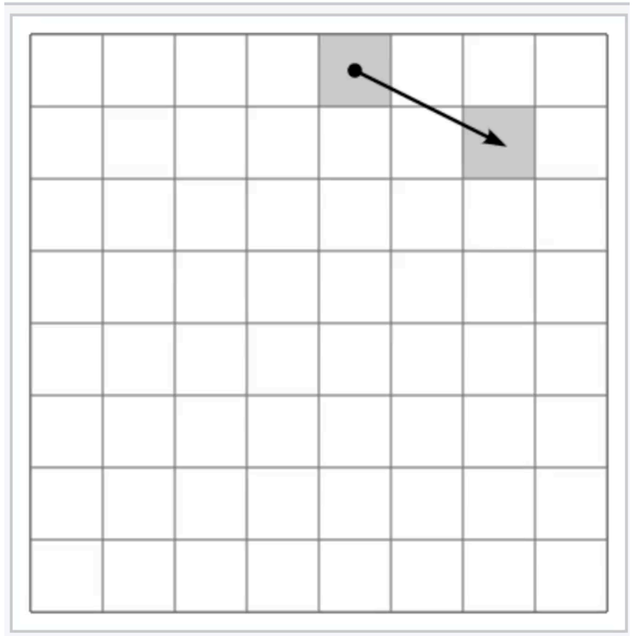
- allocation de ressources, etc

- marche du cavalier pour couvrir toutes les cases d'un échiquier



Marche du cavalier

- marche du cavalier pour couvrir toutes les cases d'un échiquier
- on se déplace vers la case où il y aura le moins de déplacements possibles pour le cavalier



```
LIBRE = -1
dX = [ 2, 1, -1, -2, -2, -1,  1, 2 ]
dY = [ 1, 2, 2,  1, -1, -2, -2, -1 ]
import sys; infini = sys.maxsize
```

```
def marche (a, i, j, k) :
    a[i][j] = k
    p = caseMinCoupsJouables (a, i, j)
    if p == (i, j) :
        return k
    else:
        return marche (a, p[0], p[1], k+1)
```

```
def une_solution (n, i, j) :
    a = new_matrix (n, n, LIBRE)
    if marche (a, i, j, 1) < n*n :
       print ("pas de solution!")
    print_matrix (a)
```

une_solution (8, 0, 4)

```
47  14  61  32   1  16  19  34
64  31  46  15  60  33   2  17
13  48  57  62  45  18  35  20
30  63  42  53  56  59  40   3
49  12  55  58  41  44  21  36
26  29  52  43  54  39   4   7
11  50  27  24   9   6  37  22
28  25  10  51  38  23   8   5
```

Marche du cavalier

- marche du cavalier pour couvrir toutes les cases d'un échiquier
- on se déplace vers la case où il y aura le moins de déplacements possibles pour le cavalier

```
LIBRE = -1
dX = [ 2, 1, -1, -2, -2, -1,  1, 2 ]
dY = [ 1, 2, 2,  1, -1, -2, -2, -1 ]
import sys; infini = sys.maxsize
```

```
def coupJouable (a, i, j) :
    return 0 <= i < len(a) and \
           0 <= j < len(a[0]) and \
           a[i][j] == LIBRE
```

```
def nbDeCoupsJouables (a, i, j) :
    if not coupJouable (a, i, j) :
       return infini
    r = 0
    for k in range (len(dX)) :
       if coupJouable (a, i + dX[k], j + dY[k]) :
           r = r + 1
    return r
```

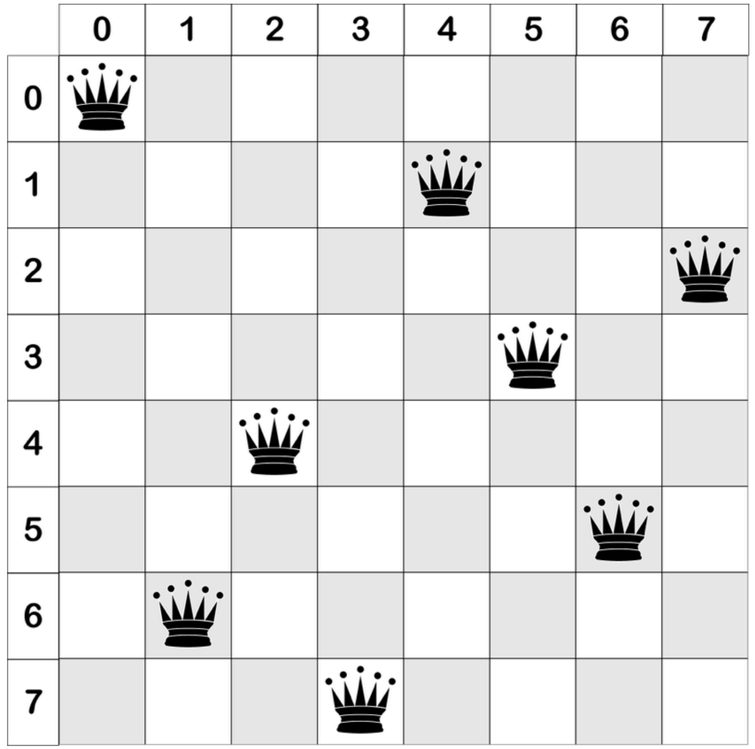
```
def caseMinCoupsJouables (a, i, j) :
    i1 = i; j1 = j;
    min = infini
    for k in range(len(dX)) :
        nk = nbDeCoupsJouables (a, i+dX[k], j+dY[k])
        if nk < min :
            i1 = i+dX[k]; j1 = j + dY[k]
            min = nk
    return (i1, j1)
```

Recherche exhaustive

- problème du sac à dos (ranger le maximum d'objets dans un sac)
- voyageur de commerce et tous les problèmes NP
- les 8 reines (placer 8 reines sur un échiquier sans qu'elle ne soit en prise par une autre reine)

```
def conflit (i1, j1, i2, j2) :
    return (i1 == i2) or (j1 == j2) or \
           (abs (i1 - i2) == abs (j1 - j2))
```

teste si la reine en `(i2, j2)` peut prendre la reine en `(i1, j1)`



Les 8 reines

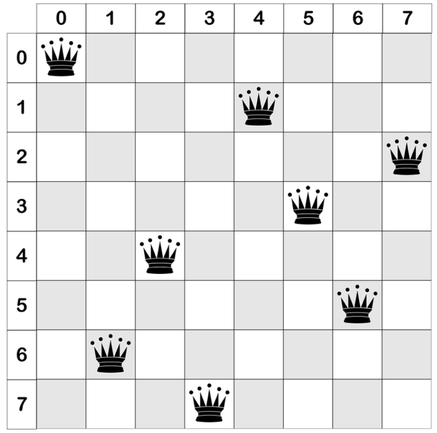
- les 8 reines (placer 8 reines sur un échiquier sans qu'elle ne soit en prise par une autre reine
  on explore les solutions avec possibles retours arrière (***backtracking***)

```
def compatible (i, j, pos) :
    for k in range (i) :
       if conflit (k, pos[k], i, j) :
          return False
    return True


def reines (n, i, pos) :
   if i >= n :
      imprimerSolution (pos);
      raise Exception
   else :
      for j in range (n) :
        if compatible (i, j, pos) :
          pos[i] = j
          reines (n, i+1, pos)


def nReines (n) :
    pos = [0 for _ in range(n)]
    pos[0] = random.choice (range(8))
    reines (n, 1, pos)
```

ici *backtracking* si pas de solution à partir de ligne `i+1` (on passe alors à la colonne suivante)



`pos == [0, 4, 7, 5, 2, 6, 1, 3]`

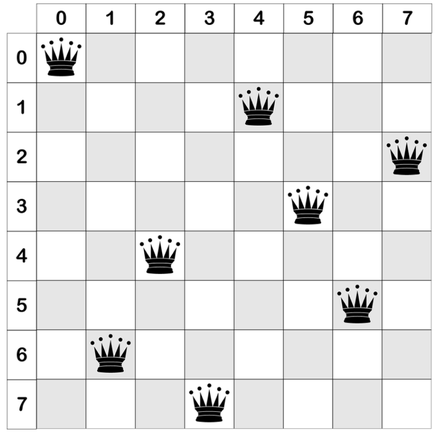
Les 8 reines

- impression de la solution

```
def print_matrix (a) :
    for line in a :
        for elt in line :
            print ("%2d " % elt, end = ' ')
        print ()

def new_matrix (m, n, v) :
    a = [ [v for j in range (n) ] for i in range (m) ]
    return a

def imprimerSolution (pos) :
    n = len (pos)
    a = new_matrix (n, n, ".")
    for i in range (n) :
        a[i][pos[i]] = "R"
    print_matrix (a)
    print ("----------------------------")
```




```
pos == [0, 4, 7, 5, 2, 6, 1, 3]

R . . . . . . .
. . . . R . . .
. . . . . . . R
. . . . . R . .
. . R . . . . .
. . . . . . R .
. R . . . . . .
. . . R . . . .
```

Programmation dynamique

- plus courts chemins entre tous les noeuds d'un graphe (`Warshall`)
- plus longue sous-chaîne de caractères commune entre 2 chaînes (`diff`)

- algorithme de `Warshall` (le graphe est représenté par une matrice d'adjacence)
  le résultat est la matrice des plus courtes distances (n^3 opérations)

```
import sys; infini = sys.maxsize

def chemins_les_plus_courts (G) :
   n = len (G)
   r = copy.deepcopy(G)
   for k in range(n) :
     for i in range(n) :
       for j in range(n):
           r[i][j] = min (r[i][j],  r[i][k] + r[k][j])
   return r
```

Exercice Modifier la fonction pour retourner tous les chemins de distance minimale.

Programmation dynamique

- plus longue sous-séquence commune entre 2 chaînes de caractères (commande Unix `diff`)

  [on mémorise les solutions partielles — $m \times n$ opérations]

```
GAUCHE = 1
HAUT = 2
DIAG = 3
```

```
def new_matrix (m, n, v) :
    a = [ ]; z = n * [v]
    for i in range(m): a.append (z.copy())
    return a
```

```
def longueurSSC (u, v) :
  m = len(u); n = len(v)
  lg = new_matrix (m+1, n+1, 0)
  p = new_matrix (m+1, n+1, 0)
  for i in range(1, m+1):
    for j in range(1, n+1):
      if u[i-1] == v[j-1]:
        lg[i][j] = 1 + lg[i-1][j-1]
        p[i][j] = DIAG;
      elif lg[i][j-1] > lg[i-1][j]:
        lg[i][j] = lg[i][j-1]
        p[i][j] = GAUCHE
      else :
        lg[i][j] = lg[i-1][j]
        p[i][j] = HAUT
  return (lg[m][n], p)
```

u = ‘abcadefg’ v = ‘fbcexyg’

lg

```
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1
0 0 1 2 2 2 2 2
0 0 1 2 2 2 2 2
0 0 1 2 2 2 2 2
0 0 1 2 3 3 3 3
0 1 1 2 3 3 3 3
0 1 1 2 3 3 3 4
```

p

```
0 0 0 0 0 0 0 0
0 2 2 2 2 2 2 2
0 2 3 1 1 1 1 1
0 2 2 3 1 1 1 1
0 2 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 3 1 1 1
0 3 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 2 2 2 3
```

Programmation dynamique

- plus longue sous-séquence commune entre 2 chaînes de caractères (commande Unix `diff`)

  [on mémorise les solutions partielles — $m \times n$ opérations]

```
def ssc (u, v) :
  m = len(u); n = len(v)
  lg_p = longueurSSC (u, v)
  lg = lg_p[0]; p = lg_p[1]
  r = ''; i = m; j = n;
  while lg > 0 :
    if p[i][j] == DIAG :
        r = u[i-1] + r
        i = i - 1; j = j - 1;
        lg = lg - 1
    elif p[i][j] == GAUCHE :
        j = j - 1
    else :
        i = i - 1
  return r
```

```
>>> ssc (‘abcadefg’, ‘fbcexyg’)
‘bceg’
```

u = ‘abcadefg’ v = ‘fbcexyg’

lg

```
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1
0 0 1 2 2 2 2 2
0 0 1 2 2 2 2 2
0 0 1 2 2 2 2 2
0 0 1 2 3 3 3 3
0 1 1 2 3 3 3 3
0 1 1 2 3 3 3 4
```

p

```
0 0 0 0 0 0 0 0
0 2 2 2 2 2 2 2
0 2 3 1 1 1 1 1
0 2 2 3 1 1 1 1
0 2 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 3 1 1 1
0 3 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 2 2 2 3
```

à faire

- analyses lexicale et syntaxique
- modularité et programmation objet
- programmation graphique
- algorithmes géométriques
- calculs flottants et méthodes numériques
- programmation de plusieurs fils de calcul
- assertions et logique des programmes
- introduction à l'informatique théorique
- etc

vive l’informatique

et

la programmation !