Algorithmes, Programmation, IA

Cours 1

Jean-Jacques Lévy

jean-jacques.levy@inria.fr

http://jeanjacqueslevy.net/algo-prog-ia-25

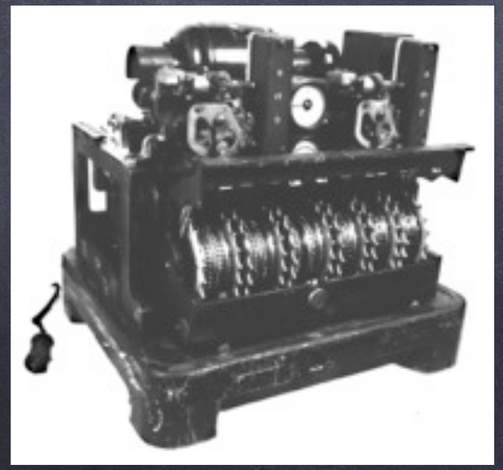
Plan

- machines informatiques
- systèmes informatiques
- programmes
- langages de programmation
- la programmation
- un langage pour le cours: Python 3
- premiers programmes

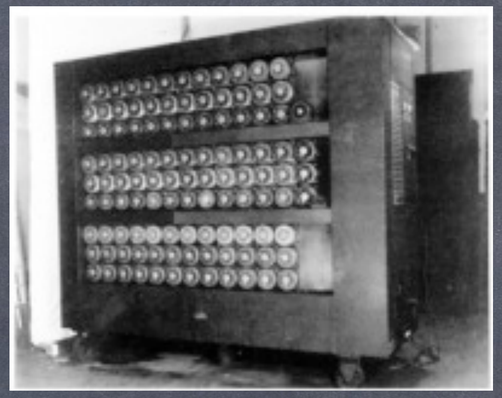
dès maintenant: télécharger Python 3 en `http://www.python.org`

Germany

Enigma



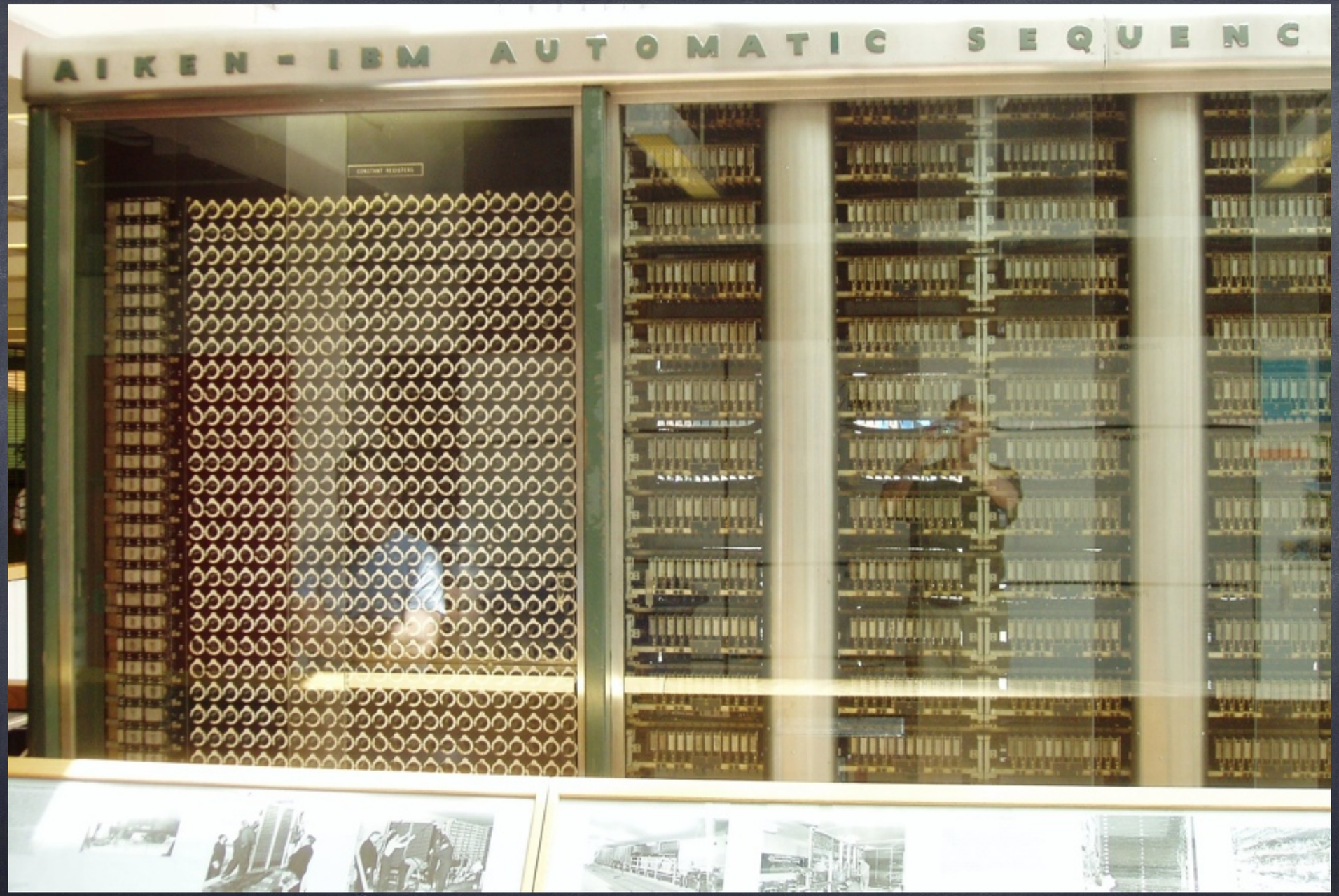
Lorenz



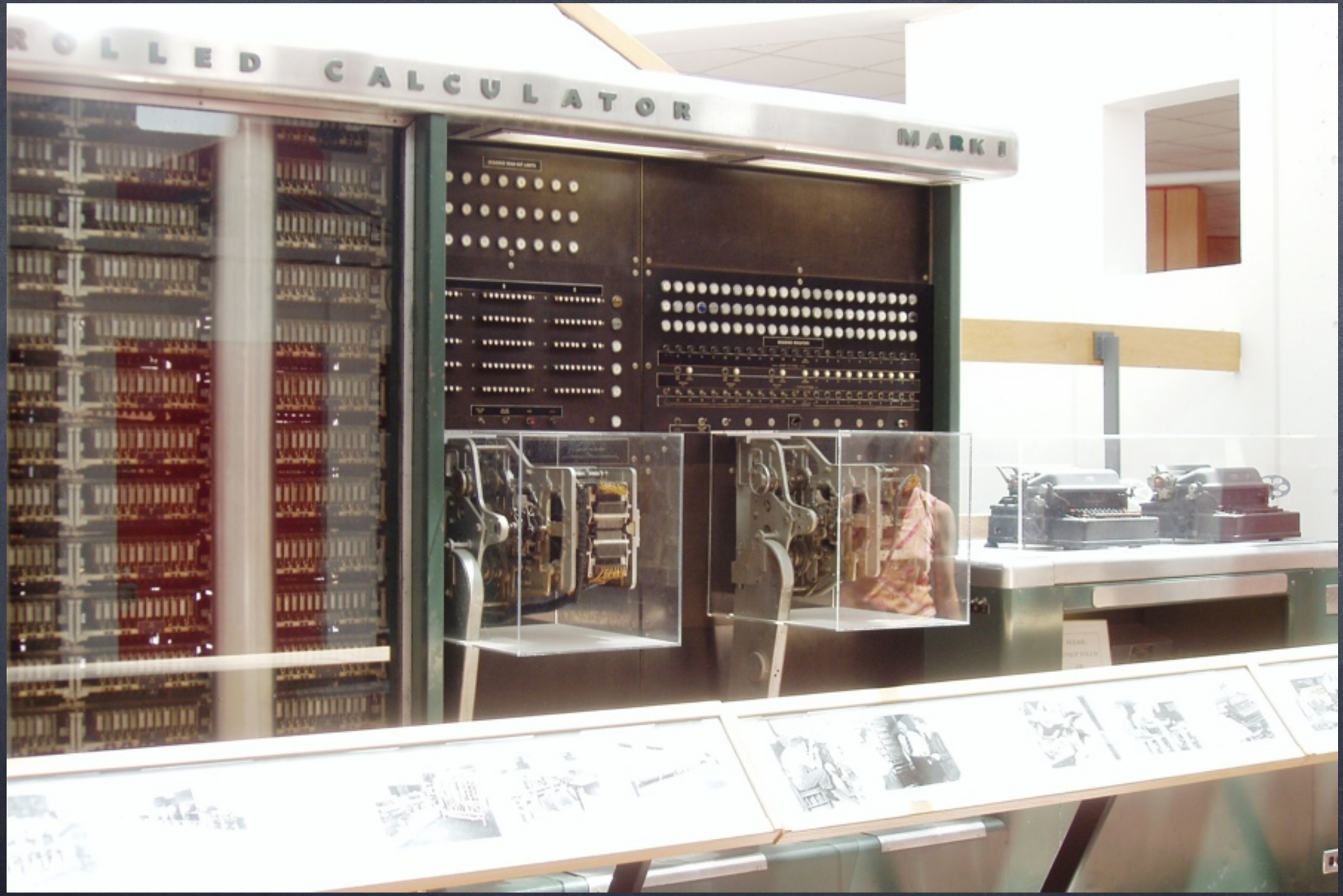
The Bombe

Colossus

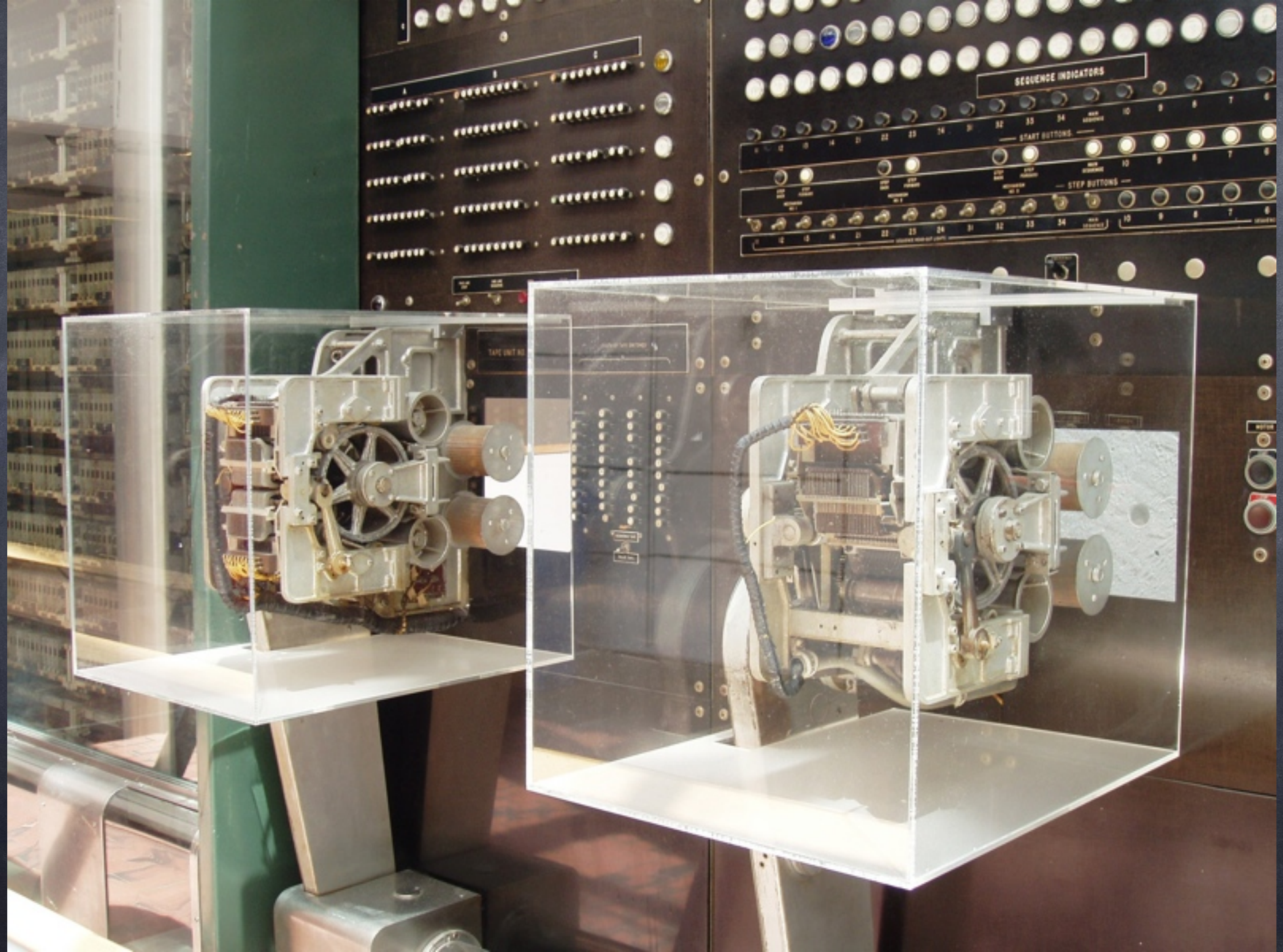
Bletchley Park



Mark I, Harvard



Mark I, Harvard


SEQUENCE INDICATORS
START BUTTONS
STEP BUTTONS

The logicians

Mark II,
Harvard

vax 11/780


LECTEUR

Machines informatiques

- les premiers vrais ordinateurs en 1960: IBM 704, 7040, 360/370, …
- le langage des machines est exprimé en **binaire**: 0 ou 1 [pour des raison électriques]

```
mac$ od -x a.out |head -4
0000000      0162    0006    8f30    2e89    6000    0000    0060    0000
0000020      0038    0007    010b    020a    4000    0000    2000    0000
0000040      0000    0000    0140    0040    0000    0040    0000    1000
0000060      2000    1000    fffe    f3ff    0000    0000    1013    0000
mac$ od -x a.out |tail -5
0116400      0000    0028    0216    0000    3030    0040    1046    0000
0116420      0000    0023    021c    0000    1580    1000    f0c5    ffff
0116440      0000    0023    0220    0000    12e0    1000    f341    ffff
0116460      0000    0023    0228    0000    12e4    1000    f341    ffff
```

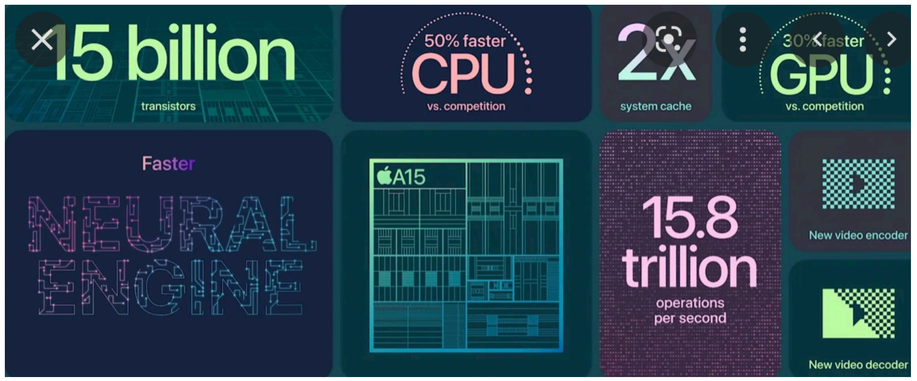
```
mac$ cat t.c
#include <stdio.h>

char s[100] ="voici une chai^ne de caracte`res" ;

main()
{
    printf ("\%s\n", s);
}
```

- ici 40256 octets = 132464 bits
- dans ce binaire, il y a des commandes [opérations à effectuer] et des données
- ce binaire est chargé dans la mémoire de l'ordinateur
- et l'ordinateur exécute les commandes du binaire
- chaque opération prend quelques micro-secondes

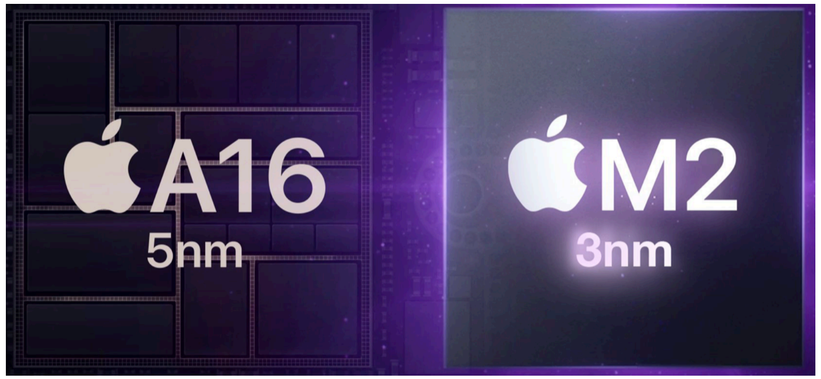
bits = binary digit
octets = 8 bits = bytes

Machines informatiques

- les ordinateurs modernes sont miniutarisés — micro processeurs (*chips*)



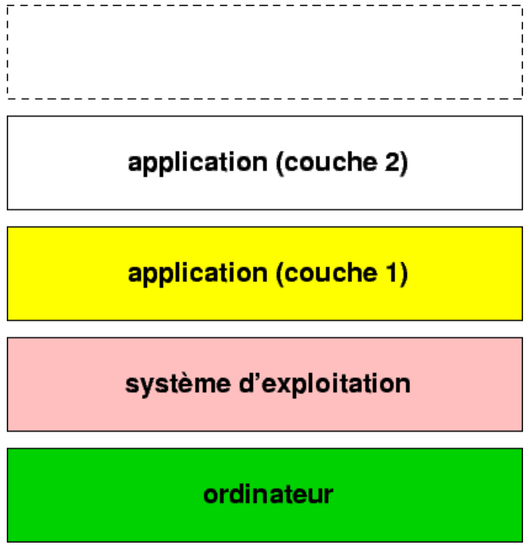
- 15 milliards de transistors avec un canal à 3nm (10^{-9})

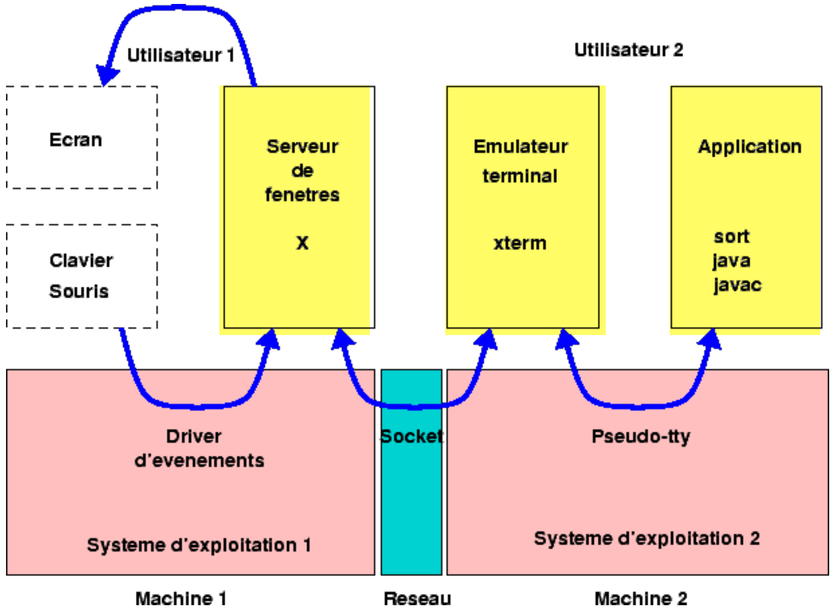


iPhone 14 macbook 2022

Systèmes informatiques

- Windows, MacOS, Unix, Linux, ios, android, GFS, …
- faire marcher l'ordinateur avec ses périphériques (écran, disques, clavier, souris, utilisateurs, réseau, …)
- les OS sont d'une complexité extrême (~100 millions de lignes de code)

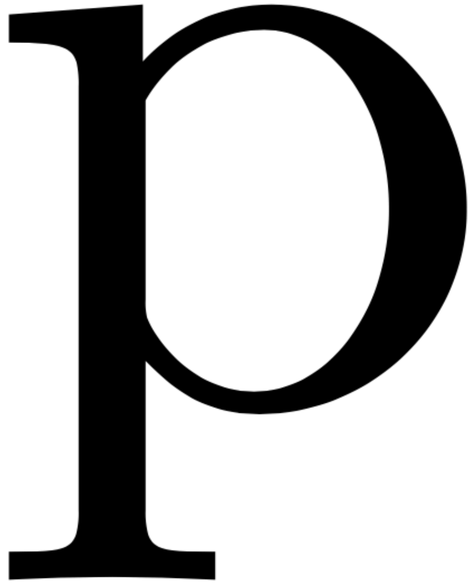




OS = operating system
= système d'exploitation

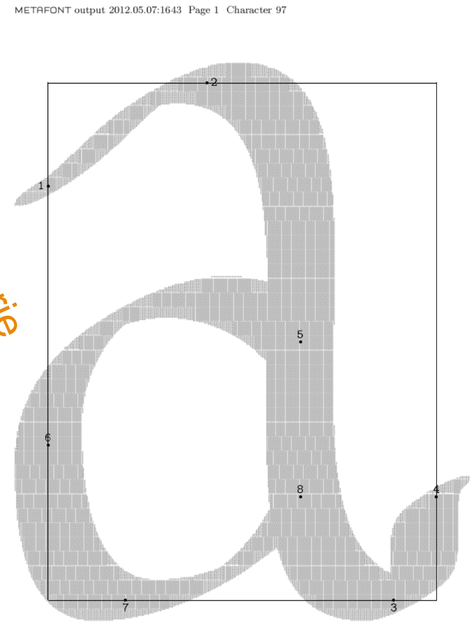
- au 15ème siècle, on construisait des cathédrales
- au 20ème siècle, on a construit des systèmes informatiques

Exemples de problèmes non triviaux

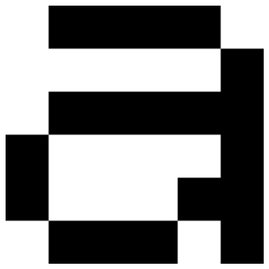


- afficher des lettres sur l'écran
- dessiner rapidement des figures sur l'écran (vecteurs, cercles, ovales, *splines*)
- écrire efficacement sur les disques
- ne pas perdre les messages envoyés ou reçus sur le réseau
- sauvegarder les données (*backups*)

metafont = réinvention de l'imprimerie



0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1



lettre 'a' = tableau de 0 et 1

écran *bitmap*

écran = grand tableau de 0 et 1 (taille = résolution de l'écran)

Algorithmes

- algorithmes **linéaires** (en complexité $O(n)$)
  - recherche du maximum dans un tableau

- algorithmes **polynomiaux** (en complexité $O(n^2)$, $O(n^3)$, …)
  - tri Bulle, tri sélection

- algorithmes **exponentiels** (en complexité $O(2^n)$, $O(2^{2^n})$, …)
  - exploration exhaustive (les 8 reines)

- algorithmes sub-linéaires (en complexité $O(\log n)$)
  - recherche dichotomique en table

- algorithmes sub-quadratiques (en complexité $O(n \log n)$)
  - tri fusion

Algorithmes et programmation

- bien réfléchir avant de se lancer dans la programmatioin
- la **partie algorithmique** est souvent une petite partie de la programmation
- la partie principale de la programmation consiste en **l'organisation des différents modules**
- par exemple en **séparant** bien les interfaces (entrée-sortie) du corps du programme
- en général, on n'y arrive pas au premier coup —> **plusieurs versions**
- quand le programme grossit et aussi quand plusieurs auteurs, la **gestion des versions** est critique

Intelligence artificielle

- c’est principalement un problème de **statistiques**
- il y a une phase d’**apprentissage** avec un grand nombre de données
- une phase ultérieure d’optimisation pour **approximer** le résultat demandé

- l’IA bénéficie de la gestion maintenant possible d’un grand nombre de données (*big data*)
- et de **processeurs** de calcul ultra-performants (*GPU*, *neural engines*, ..)

- on verra les réseaux de neurons dans la 2ème partie du cours
- les **algorithmes** et les **structures de données** seront toujours indispensables
- il y a toujours un bel avenir pour les programmeurs!

Quelques rappels

- le cours utilise le langage Python et l'environnement Visual Studio Code. (`vscode`)
- et pour la partie IA, la bibliothèque Pytorch

Débuts en Python

- utiliser un système intégré (Visual Studio ou autre)
- ou utiliser une simple fenêtre terminal [le plus rapide pour démarrer]
- avec un éditeur de texte (Emacs, VI, TextEdit, ..)
- sur la fenêtre terminal, on tape:

```
mac$ python
Python 3.7.9 (default, Sep  6 2020, 13:20:25)
[Clang 11.0.3 (clang-1103.0.32.62)] on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>
```

- et on peut fonctionner en mode calculette:

```
>>> 23 + 42
65
>>> 438 * 234
102492
>>> (438 * 234) + 35
102527
>>> ((438 * 234) + 35 / 3)
102503.66666666667
```

Débuts en Python

- mode calculette

```
>>> x = 45
>>> 3 * x + 2
137
```

- avec des chaînes de caractères

```
>>> print ("Bonjour les amis !")
Bonjour les amis !
>>> y = "Bonjour les amis"
>>> y + " et la famille"
'Bonjour les amis et la famille'
>>> z = " !"
>>> y + " et la famille" + z
'Bonjour les amis et la famille !'
```

```
>>> s = "Bonjour les amis !"
>>> s[0]
'B'
>>> s[1]
'o'
>>> s[2]
'n'
>>> s[9]
'e'
>>> s[-1]
'!'
>>> s[-2]
' '
>>> s[-3]
's'
```

Débuts en Python

- définir des fonctions

```
>>> def double (x) :
...     return (2 * x)
...
>>> double(3)
6
```

```
>>> def concatene (s1, s2) :
...    return (s1 + " " + s2)
...
>>> concatene ("Hello", "World !")
'Hello World !'
```

Débuts en Python

- calcul du PGCD (algorithme d'Euclide) de deux nombres entiers m et n

- écrire la date de Pâques de 2021 à 2050

- calculer la suite de Syracuse. Vérifier son résultat jusqu'à 1000

$$u_{n+1} = \begin{cases} 3u_n + 1 & \textbf{si } u_n \textbf{ impair} \\ u_n/2 & \textbf{si } u_n \textbf{ pair} \end{cases}$$

Exercices du cours 1

- PGCD par l'algorithme d'Euclide

```
def pgcd (m, n) :
    while m != n :
        if m > n :
            m = m - n
        else:
            n = n - m
    return m
```

suppose m > 0 et n > 0

- suite de Syracuse

```
def syracuse (n) :
   while n != 1 :
     print (n, end = ' ')
     if n % 2 == 0 :
       n = n // 2
     else :
       n = 3 * n + 1
   print (n)
```

impression sur la même ligne

```
>>> syracuse(19)
19 58 29 88 44 22 11 34 17 52 26 13 40 20 10 5 16 8 4 2 1
```

les sources sont en http://jeanjacqueslevy.net/prog-py-22/progs/c2a.py

Listes

- les listes de Python sont des tableaux dynamiques modifiables

```
>>> x = [1, 3, 4, 2, 3, 5]
>>> type (x)
<class 'list'>
>>> x[0]
1
>>> x[1]
3
>>> x[3]
2
```

```
>>> x[3] = 99
>>> print (x)
[1, 3, 4, 99, 3, 5]
```

modification du 4ème élement

```
>>> len (x)
6
```

longueur de la liste

```
>>> x.append (9)
>>> x
[1, 3, 4, 2, 3, 5, 9]
```

- les listes de Python ne sont pas forcément homogènes

```
>>> y = [1, 3, 4, "kludge", 2, 3]
>>> print (y)
[1, 3, 4, 'kludge', 2, 3]
```

différent des listes de Lisp, Ocaml, Haskell, Java, …

Listes

• itération sur une liste (tableau)

```
>>> s = 0
>>> for m in x :
...   s = s + m
...
>>> s
27
```

itération sur tous les éléments de x

• idem avec une fonction

```
>>> def sum_of (x) :
...   r = 0
...   for m in x :
...       r = r + m
...   return r
...
>>> sum_of (x)
27
>>> a = [-3, 42, 23, 11, -30]
>>> sum_of (a)
43
```

x est l'argument de la fonction

x est ici la variable globale de l'environnement

Listes

- itération sur une liste (tableau)

```
>>> x
[1, 3, 4, 2, 3, 5, 9]
>>> max = -1
>>> for m in x :
...   if m > max :
...     max = m
...
>>> max
9
```

itération sur tous les éléments de x

- idem avec une fonction

```
>>> import sys
>>> MIN_INT = -sys.maxsize
>>>
>>> def max_of (x) :
...   r = MIN_INT
...   for m in x :
...     if m > r :
...       r = m
...   return r
...
>>> max_of (x)
9
```

entier minimum sur 64 bits

Exercice: valeur de `max_of ([ ])` ?

Exercice: écrire la fonction `min_of (x)`

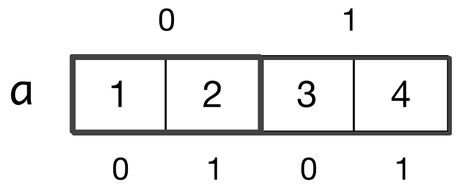
Exercice: écrire la fonction `max_of ([ ])`
qui marche aussi sur tous les types ordonnés

Tableaux multi-dimensionnels

- une matrice est une liste de listes

```
>>> a = [[1,2], [3,4]]

>>> a[0][0]
1
>>> a[0][1]
2
>>> a[1][0]
3
>>> a[1][1]
4
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$



- une itération sur les matrices

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

impression sur une ligne

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

Tri

- on cherche le minimum et on le met en tête..
  et on recommence à partir du deuxième élément, etc…

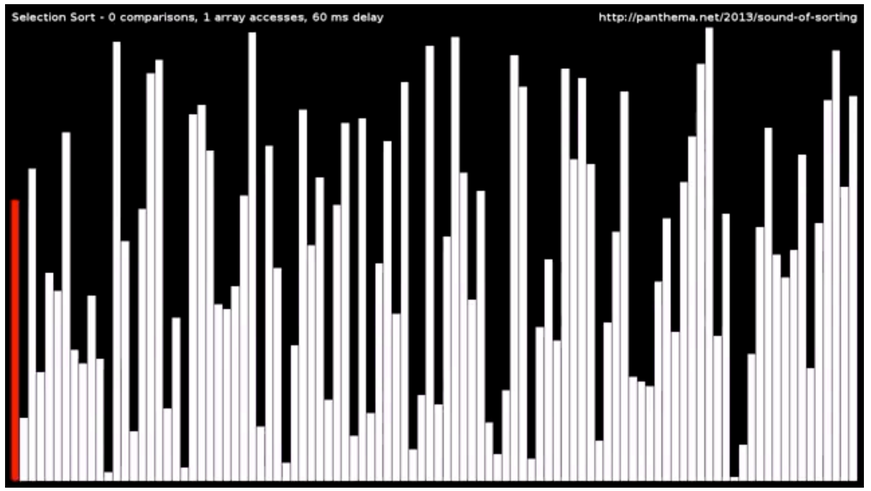
on suppose `len(a) > 0`

```
def index_min_of (a) :
    imin = 0
    for i in range (1, len(a)):
        if a[i] < a[imin] :
            imin = i
    return imin
```

```
def tri_selection (a) :
    n = len (a)
    for i in range (n-1) :
      jmin = i;
      for j in range(i+1, n) :
          if a[j] < a[jmin] :
              jmin = j
      t = a[i]; a[i] = a[jmin]; a[jmin] = t
```

échanger les valeurs de `a[i]` et `a[jmin]`

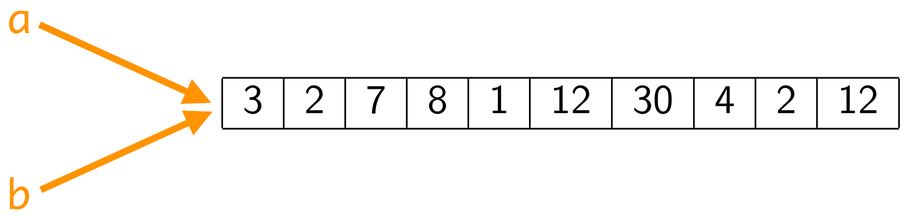
http://visualgo.net/en/sorting



Valeur d'un tableau — Alias

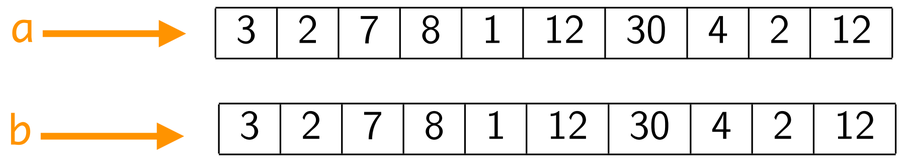
- soient 2 tableaux a et b

```
a = [3, 2, 7, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]
b = a

a[2] = 888

print (a)
[3, 2, 888, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]

print (b)
[3, 2, 888, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]
```



- les variables a et b sont 2 alias d'un même tableau

```
a = [3, 2, 7, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]
b = [3, 2, 7, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]

a[2] = 888

print (a)
[3, 2, 888, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]

print (b)
[3, 2, 7, 8, 1, 12, 30, 4. 2. 12]
```



- les variables a et b sont 2 tableaux distincts

- la valeur de a ou de b est l'adresse mémoire de son premier élément

données modifiables et alias sont sources de bugs

Valeur d’un tableau — Alias

Exercice: le programme suivant est-il correct?

```
def copy (a, b, i, j, long) :
    for k in range (long) :
        b [j + k] = a [i + k]
```

Ensembles — Compréhension

- les ensembles sont des listes non ordonnées d'éléments tous distincts

```
print ({10, 2, 3} == {3, 2, 10})
True

print ({10, 2, 3} == {5, 2, 10})
False
```

- on peut générer des tableaux, listes, ensembles, dictionnaires avec la notation compréhensive

```
a = [x**2 for x in range(21) if x*2 < 21]
print (a)
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100]

b = {2 * x for x in range (20)}
print (b)
{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38}

c = {x : x**2 for x in range (10)}
print (c)
{0: 0, 1: 1, 2: 4, 3: 9, 4: 16, 5: 25, 6: 36, 7: 49, 8: 64, 9: 81}
```

Modules

- les fonctions ou données (de librairie..) sont regroupées en modules
- par exemple, on charge le module `random` avec

```
import random
```

- notation qualifiée avec nom de module `random.sample`

```
def rand_array (n, p) :
    return random.sample (range(p), n)
```

- on peut raccourcir la notation qualifiée `rd.sample` le nom du module avec

```
import random as rd
```

- on peut utiliser la notation simple `sample` sans le nom du module avec

```
from random import *
```

- la liste des modules disponibles s'obtient avec

```
help()
modules
. . .
quit
```

Modules

Exercice: faire sa propre bibliothèque de modules, par exemple en y incorporant `sum_of ([ ])` et `max_of ([ ])` ?

- on crée un fichier `myLib.py`

```
import myLib
```

- ou

```
import myLib as my
```

- ou

```
from myLib import *
```

Prochain cours

- réviser les classes et objets
- classes et objets
- structures de données
- structures arborescentes
- parcours d’arbres