Modèles de mémoire pour l'enseignement de la programmation en Python

Sébastien Hoarau, Christophe Declercq

9 octobre 2024

Plan de la présentation

- Cadre et objectifs de la réflexion
- Un premier modèle pour les débutants
- Un second modèle adapté du premier
- Un troisième modèle plus réaliste
- Conclusions et perspectives

Cadre de la réflexion

Cadre théorique

- L'informatique repose sur 4 piliers : des algorithmes, des langages, des machines et des informations [G. Dowek].
- On s'intéresse à l'adéquation langage <-> machine et plus précisément à la question : quelle image de la machine pour les élèves, selon le niveau de langage à apprendre ?
- Voir la notion de "machines notionnelles" [Du Boulay]

Contextes

- Enseignement de Python en seconde, classe de mathématiques et de SNT
- Enseignement de Python en première NSI
- Enseignement de Python en terminale NSI ou en premier cycle à l'université

Objectifs

Identifier des couplages cohérents

- un sous-ensemble du langage Python
- un modèle de machine
- la “sémantique” (sens) d’une construction du langage doit pouvoir être expliquée sur la machine

Proposer des environnements d’apprentissage cohérents

- Des outils pour l’enseignant : représentations de la machine (partie de) au tableau
- Des instruments pour l’élève : IDE (environnement de programmation)

Une première proposition pour les programmeurs débutants

Un sous-ensemble de Python très réduit

- Memento 2nde
- expressions sur types simples (int, str, float, bool)
- affectations et instructions composées (séquence, if, while, for)
- fonctions (définition et appel)

Une machine à mémoire

- la **mémoire** associe à des noms, des valeurs
- le sens d'une expression, c'est son **évaluation**, connaissant l'état de la mémoire
- le sens d'une instruction, c'est comment son **exécution** modifie la mémoire
- le sens d'une **affectation**, c'est évaluer l'expression en partie droite, puis associer cette valeur au nom figurant en partie gauche
- le sens d'un **appel de fonction**, c'est déléguer à une autre machine, l'exécution du code avec pour mémoire l'affectation des paramètres aux valeurs données à l'appel

Représentation des variables

- une variable, c'est une **case mémoire** qui a un nom
- métaphore de la variable : l'ardoise effaçable
- l'ensemble des variables représente l'**état** de la machine à un instant donné

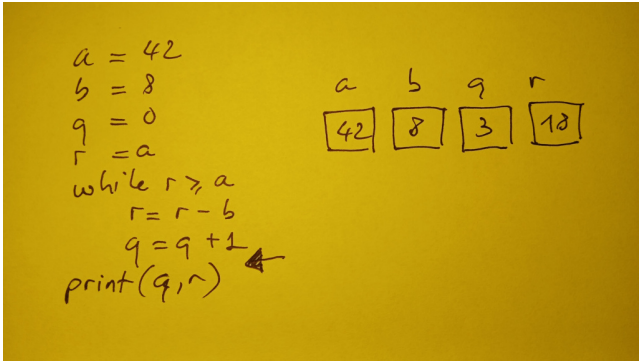


Figure 1: Etat de la mémoire

Représentation de l'historique

- tableau d'exécution : une colonne par variable
- observation des valeurs des variables à certains moments particuliers de l'exécution : points d'arrêts
- le tableau représente l'ensemble des états observés de la machine au cours de l'exécution

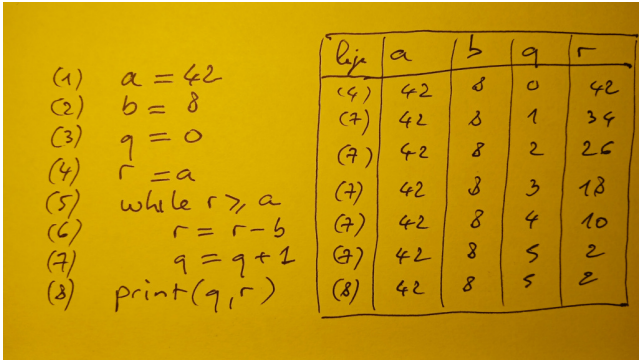
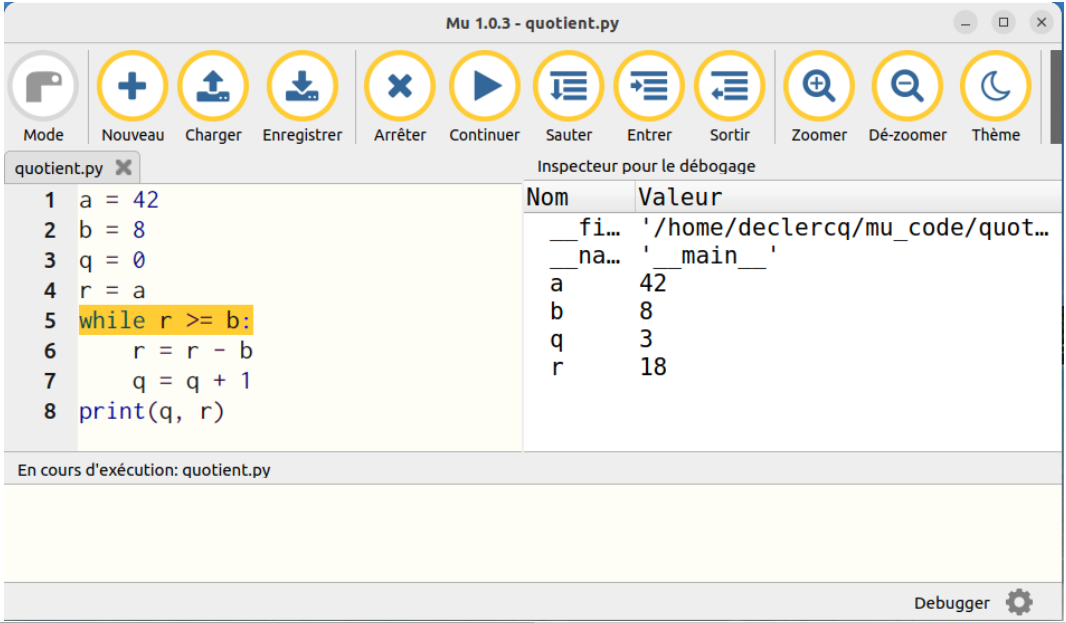
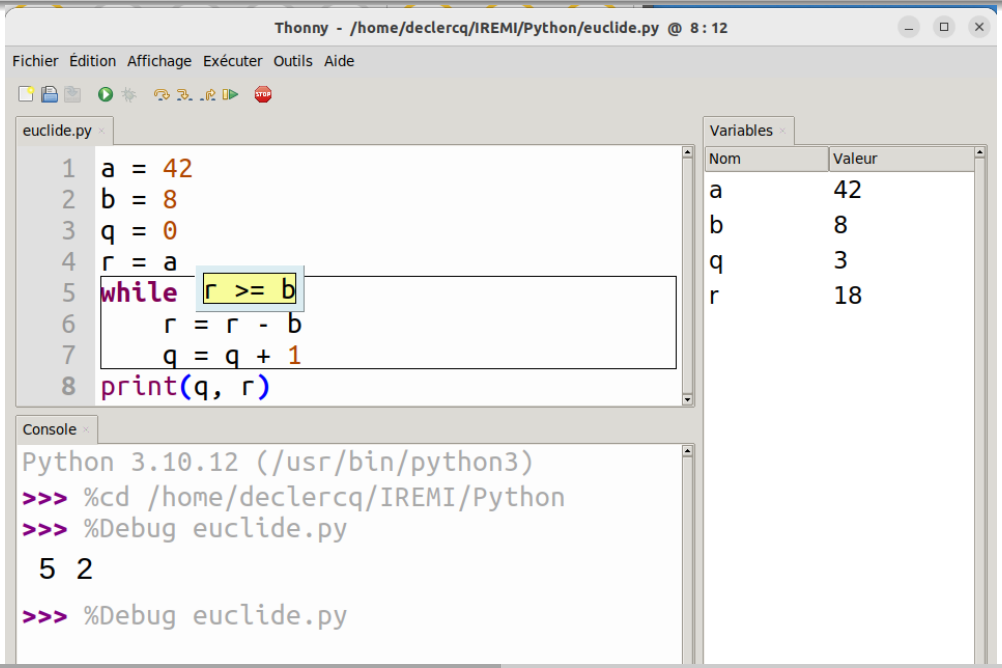


Figure 2: Historique des états mémoire

Des outils et instruments pour programmeurs débutants



Des outils et instruments pour programmeurs débutants



Une deuxième proposition avec des stuctures de données

Un sous-ensemble de Python augmenté

- Memento 1ere
- ajout des enregistrements, des tableaux, des tuples : considérés comme des collections de variables.
- Le nombre de composantes est connu de manière statique à la construction.
- instructions de création
- expression d'accès
- instructions de modification pour les tableaux et les enregistrements

Une machine à mémoire "structurée"

- des cases contigues nommées par un indice (tableaux, tuples) ou un nom (enregistrements)
- change le format des noms de variables, la mémoire reste une association : noms -> valeurs.

Représentation des variables

- une variable, c'est une **case mémoire** avec un nom et parfois un indice ou un nom de champ
- l'ensemble des variables représente l'**état** de la machine à un instant donné

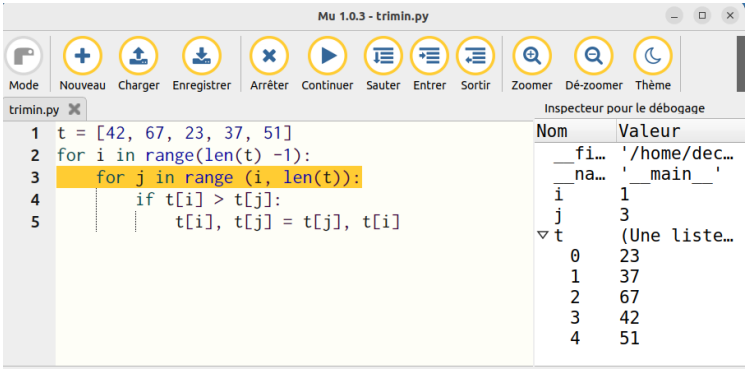


Figure 5: Visualisation des tableaux avec Mu

Représentation des variables

- On peut aussi considérer qu'une variable a une collection de valeurs

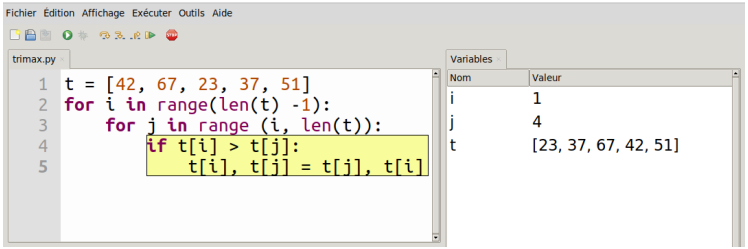
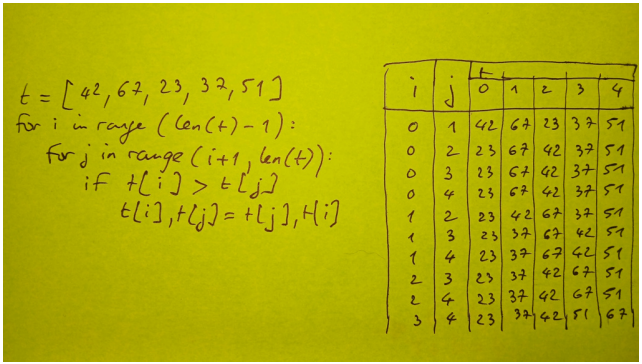


Figure 6: Visualisation des tableaux avec Thonny

Représentation de l'historique

- on représente les structures en lignes
- le tableau représente l'ensemble des états observés de la machine



i	j	t 0	1	2	3	4
0	1	42	67	23	37	51
0	2	23	67	42	37	51
0	3	23	67	42	37	51
0	4	23	67	42	37	51
1	2	23	42	67	37	51
1	3	23	37	67	42	51
1	4	23	37	67	42	51
2	3	23	37	42	67	51
2	4	23	37	42	67	51
3	4	23	37	42	51	67

Figure 7: Historique

Limites de la deuxième proposition

Restrictions au niveau langage

- pas d'affectation globale de tableau (après la construction initiale)
- on n'autorise que l'affectation par composante du tableau : `t[4] = 12`
- pas de tableau en **paramètre** d'une fonction

Limites du modèle mémoire

- ne peut pas expliquer les phénomènes d'aliasing (deux références sur le même tableau)
- ne peut pas expliquer pourquoi un appel de fonction peut modifier les composantes d'un tableau passé en paramètre

Un modèle plus proche de Python

à toi Sébastien !