

# Machine M999, le processeur débranché

Philippe BODDAERT

# Machine M999

# 1. Contexte

Un ordinateur est une **machine** :

- dotée de composants **électroniques**,
- exécute des **programmes**, stockés dans sa **mémoire**,
- les calculs sont réalisés par un **processeur**,
- interaction avec l'utilisateur par le biais de dispositifs d'**entrées/sorties**,

L'activité a pour objet l'utilisation et la programmation d'une machine **papier** : **M999**.

Cette machine est issue des travaux de Philippe Marquet et Martin Quinson [github.com/InfoSansOrdi/M999](https://github.com/InfoSansOrdi/M999), enseignants chercheurs en informatique.

## 2. Description

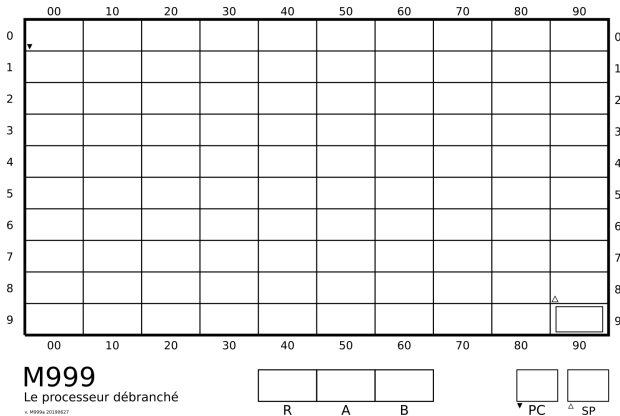


Figure 1: Machine M999

## 2.1 Composants

La machine M999 comporte :

- une **mémoire** :
  - 100 cases mémoires, numérotées de 00 à 99,
  - Chaque case peut contenir un **mot mémoire** à 3 chiffres, correspondant à une instruction ou valeur selon le **jeu d'instructions**.
- un **jeu d'instructions** : Table qui associe à un **mot mémoire** une instruction à réaliser.
- des **registres (R, A, B)** : case mémoire contenant les valeurs d'opérandes, manipulées par les opérations,
- un **compteur d'instruction (PC)** : contient l'adresse de l'instruction courante.

## 2.2. Jeu d'instructions

	op1	
op0	op2	instruction à réaliser
0	<i>addr</i>	copie le mot mémoire d'adresse <i>addr</i> dans le registre A
1	<i>addr</i>	copie le mot mémoire d'adresse <i>addr</i> dans le registre B
2	<i>addr</i>	copie le contenu du registre R dans le mot mémoire d'adresse <i>addr</i>
4	<i>rs rd</i>	copie la valeur du registre source <i>rs</i> dans le registre destination <i>rd</i>
5	<i>addr</i>	branche en <i>addr</i> (PC reçoit la valeur <i>addr</i> )

Les registres (*rs*, *rd*) sont désignés par les valeurs suivantes :

valeur	registre
--------	----------

## 2.3. Exemple

Un exemple de machine M999 chargée avec un programme en mémoire :

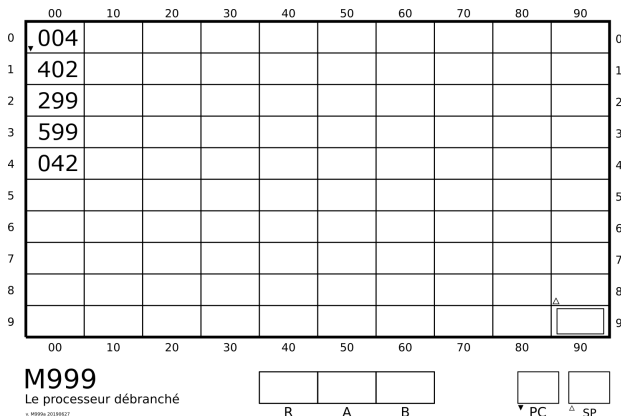


Figure 2: Exemple de machine M999

## 2.3. Fonctionnement

- **Démarrage** : la machine démarre avec la valeur 0 comme pointeur d'instruction (**PC**)
- La machine charge l'instruction depuis la mémoire pointée par **PC**
- La machine incrémente la valeur de **PC**
- La machine décode l'instruction : à partir des 3 chiffres codant l'instruction, elle identifie l'opération à réaliser et les opérandes,
- La machine exécute l'instruction.
- **Arrêt** : La machine stoppe si **PC** vaut **99**
- **Entrées / Sorties** :
  - Écrire une valeur dans le mot mémoire **99** l'affiche sur le terminal,
  - Les valeurs saisies sur le terminal sont lues dans le mot mémoire **99**.



## 2.4. À Faire

- 1 En fonction du jeu d'instructions et de l'état de la mémoire donnés, exécutez la machine M999,
- 2 Que fait cette machine ?

### 3. Exercices

Écrire un programme en langage machine M999 consiste à décrire les valeurs de la mémoire qui permettent de réaliser le calcul.

Écrire les programmes en langage machine M999 suivants :

- ① Ajouter 1 à un entier donné,
- ② Calculer le minimum de 2 entiers donnés 'a' et 'b',
- ③ Calculer la parité d'un entier donné, (Pair, on affiche 1 dans le Terminal, Impair, on affiche 0)
- ④ Calculer la taille d'un entier donné,
- ⑤ Calculer le produit de 2 entiers
  - Par additions successives,
  - Par méthode paysanne russe.

## 4. Pour aller plus loin

Nous allons nous intéresser au coût en nombre d'opérations des programmes de la machine M999.

## 4.1. Rappel sur la notion de cycle

- Un cycle processeur se décompose en 3 étapes :
  - Charger : charge l'instruction courante,
  - Décoder : détermine l'opération et les opérandes,
  - Exécuter : réalise l'opération.
- Horloge d'un processeur = Nombre de cycles par secondes, s'exprime en Hertz. (Exemple : un processeur doté d'une fréquence d'horloge de 3,2 GHz, exécute 3,2 milliards de cycles par seconde)
- Pour trouver le nombre d'instructions par seconde, on multiplie la fréquence d'horloge par l'IPC (nombre d'instructions par cycle).

## 4.2. Calcul du nombre de cycles

- Pour la M999, l'IPC est égal à 1 (une instruction par cycle),
- Déterminer l'horloge de la M999 est difficile car l'unité de commande et l'UAL correspondent à des actions humaines,
- On peut se poser la question **Combien de cycles sont nécessaires pour exécuter les programmes de la M999 ?**
- **Travail à réaliser :** *Modifier les exercices pour que la machine renvoie le nombre de cycles exécutés pour effectuer les calculs.*