

## RAPPORT DE PROJET

### Simulateur de Microprocesseur Motorola 6809



**Parcours :** LST GI

**Réalisé par :**

- KEITA Demba Fallo
- RAKOTOARIMANANA Mioranirina Abel
- SANGARE Yacouba
- ZANNOUKOU MARIE-MICHEL ARCHANGE MIDOKPE

**Encadré par :**

Pr. HICHAM BENALLA

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2025 – 2026**

## Table des matières

Introduction.....	3
Problématique :.....	3
Objectif :.....	3
I. Fonctionnalités principales.....	4
I.1 Environnement d'émulation .....	4
I.2. Le débogueur.....	4
II.3. Gestion de l'entrée/sortie .....	5
I.4. Interface graphique .....	5
II. Technologies et choix techniques.....	6
III. Étapes de développement .....	7
V. Guide d'utilisation.....	7
Présentation générale de l'interface.....	7
Barre de menus .....	8
Barre d'outils .....	9
Zone centrale de simulation.....	10
Comportement dynamique de l'interface : .....	10
Fonctionnalités réalisées et conformité aux exigences.....	11
Conclusion Générale .....	12

## Introduction

Le Motorola 6809 est un microprocesseur 8/16 bits développé par Motorola à la fin des années 1970. Il se distingue par une architecture avancée pour son époque, notamment grâce à la présence de plusieurs registres généraux, de deux pointeurs de pile (S et U) et d'un jeu d'instructions riche. Ces caractéristiques font du 6809 un processeur particulièrement intéressant pour l'apprentissage de l'architecture des ordinateurs et de la programmation bas niveau.

Contrairement aux architectures modernes, le Motorola 6809 nécessite une compréhension fine des registres, de la mémoire et des modes d'adressage. La programmation se fait en langage assembleur.

### **Problématique :**

Comment programmer, déboguer et comprendre le fonctionnement interne du Motorola 6809 de manière pédagogique, claire et interactive, sans disposer du matériel physique réel ?

### **Objectif :**

L'objectif de ce projet est de développer un simulateur complet et intuitif du Motorola 6809. Ce simulateur vise à offrir un environnement d'émulation fidèle au processeur réel, intégrant un débogueur performant et une interface graphique conviviale. Il doit permettre aux utilisateurs d'observer en temps réel l'exécution des programmes, l'évolution des registres, de la mémoire et du compteur ordinal, tout en facilitant l'apprentissage et l'expérimentation.

# I. Fonctionnalités principales

## I.1 Environnement d'émulation

L'environnement d'émulation constitue le cœur du simulateur. Il a pour rôle de reproduire le plus fidèlement possible le comportement du microprocesseur Motorola 6809, en respectant son cycle de fonctionnement interne.

Les principales fonctionnalités de cet environnement sont :

- L'émulation des instructions du Motorola 6809, incluant les instructions de chargement, de stockage, arithmétiques, logiques, de branchement et de contrôle.
- La prise en charge des principaux modes d'adressage du processeur : immédiat, direct, indexé et étendu, permettant de simuler des programmes variés et réalistes.
- La simulation en temps réel des registres internes du processeur :
  - Accumulateurs A et B, utilisés pour les opérations arithmétiques et logiques
  - Registres d'index X et Y, essentiels pour l'adressage indexé
  - Pointeurs de pile S et U, permettant la gestion des sous-programmes et du contexte d'exécution
  - Compteur ordinal (PC), indiquant l'adresse de la prochaine instruction à exécuter
  - Registre d'état (CCR), reflétant les indicateurs de résultat (zéro, négatif, retenue, etc.)
- La gestion de la mémoire RAM et ROM, avec une distinction claire entre les zones modifiables et non modifiables.
- La possibilité de modifier manuellement certaines zones mémoire afin de réaliser des tests avancés et d'observer l'impact direct de ces modifications sur l'exécution du programme.

Cet environnement d'émulation reproduit le cycle classique « fetch – decode – execute », ce qui permet à l'utilisateur de comprendre précisément comment chaque instruction est récupérée, décodée puis exécutée par le processeur.

## I.2. Le débogueur

Le débogueur est un élément central du simulateur, conçu pour accompagner l'utilisateur dans l'analyse et la compréhension du déroulement des programmes assembleur Motorola 6809.

Il propose les fonctionnalités suivantes :

- L'exécution pas à pas des instructions, permettant un contrôle précis du flux d'exécution.
- La mise en place de points d'arrêt (breakpoints) afin de suspendre l'exécution à des adresses spécifiques.
- L'affichage dynamique des instructions exécutées à chaque étape.
- L'inspection et la modification du contenu de la mémoire pendant l'exécution.
- La visualisation en temps réel de l'évolution des registres du processeur.

Ce débogueur permet ainsi d'examiner les données à des adresses spécifiques, d'analyser les effets de chaque instruction et de faciliter la détection des erreurs de programmation.

## **II.3. Gestion de l'entrée/sortie**

La gestion des entrées/sorties du simulateur a été conçue en privilégiant la clarté et la simplicité d'utilisation.

### **Gestion des entrées**

- Les entrées utilisateur sont simulées principalement via l'interface graphique
- L'utilisateur peut interagir avec le simulateur à travers des commandes, des boutons de contrôle (exécution, pas à pas, arrêt) et la modification directe des registres ou de la mémoire.
- La génération d'interruptions logicielles (SWI) est prise en charge afin de simuler le comportement des interruptions du Motorola 6809.(on doit mettre ca dans le code )

### **Sorties vers l'environnement hôte**

- Les résultats de l'exécution des programmes sont affichés dans une console intégrée.
- Les messages système et les informations de débogage sont affichés en temps réel.
- L'interface graphique permet de visualiser l'évolution de l'état du processeur et de la mémoire après chaque instruction.

Cette gestion simplifiée des entrées/sorties permet de se concentrer sur l'apprentissage du fonctionnement interne du microprocesseur, tout en respectant les principes fondamentaux des E/S du Motorola 6809.

## **I.4. Interface graphique**

L'interface graphique du simulateur a été pensée dans le but de rendre visible et compréhensible le fonctionnement interne du processeur Motorola 6809.

Elle se compose de plusieurs zones fonctionnelles :

- Une fenêtre RAM affichant le contenu de la mémoire vive, modifiable pendant l'exécution.
- Une fenêtre ROM contenant le programme chargé et les instructions à exécuter.
- Une zone pour les registres du processeur, affichant leurs valeurs en temps réel.
- Une zone d'affichage du programme en cours d'exécution.
- Une console d'exécution

### **Principe d'utilisation :**

1. Charger un programme assembleur dans la mémoire ROM.
2. Initialiser l'état du processeur et de la mémoire.
3. Lancer l'exécution continue ou activer le mode pas à pas.
4. Observer l'évolution des registres, de la mémoire et du PC.

Cette interface graphique permet d'établir un lien direct entre le code assembleur et les effets produits sur l'architecture interne du processeur.

## **II. Technologies et choix techniques**

Les choix technologiques effectués visent à garantir la portabilité, la robustesse et la clarté du simulateur.

### **Langage de programmation : Java**

- Portabilité sur Windows, Linux et macOS.
- Support complet de la programmation orientée objet, facilitant la modélisation des composants du processeur (CPU, registres, mémoire, UAL).
- Large écosystème et outils de développement matures.

### **Interface graphique : Java (Swing + AWT )**

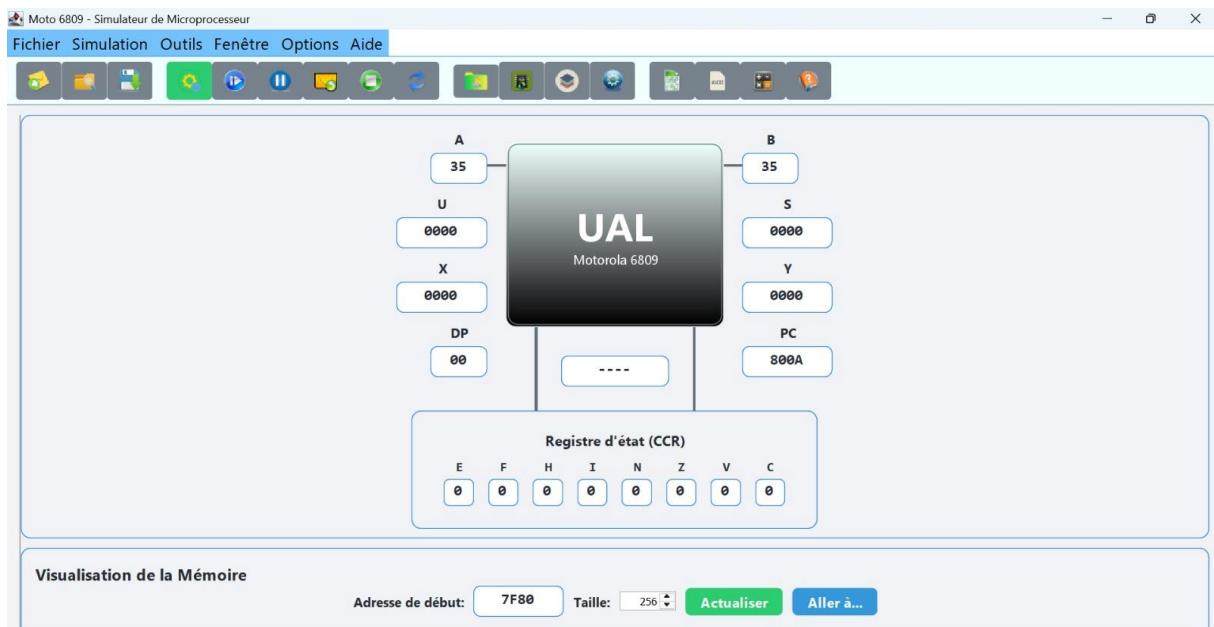
- Création d'une interface utilisateur intuitive et conviviale.
- Visualisation claire du processeur, des registres et de la mémoire.
- Séparation entre la logique d'émulation et la couche graphique.

Ces technologies répondent pleinement aux exigences du cahier des charges du projet.

### III. Étapes de développement

Phase	Durée	Tâches principales
Analyse	1 semaine	Étude du Motorola 6809, définition des spécifications
Conception	2 semaines	Architecture logicielle, maquettes de l'interface
Implémentation	5 semaines	Cœur du simulateur, débogueur, interface graphique
Tests	2 semaines	Validation fonctionnelle, correction des bogues
Documentation	1 semaine	Rédaction du rapport et préparation de la présentation

### V. Guide d'utilisation



### Présentation générale de l'interface

L'interface graphique du simulateur Motorola 6809 a été conçue pour permettre à l'utilisateur de piloter la simulation de manière intuitive tout en observant visuellement le comportement du microprocesseur lors de l'exécution d'un programme assembleur.

Elle regroupe, dans une même fenêtre, les commandes de simulation, l'architecture interne du processeur et les fenêtres nécessaires à l'analyse du fonctionnement (code et mémoire).

## **Barre de menus**



La barre de menus, située en haut de la fenêtre, donne accès à l'ensemble des fonctionnalités du simulateur.

### **Fichier :**

Permet de créer un nouveau programme, d'ouvrir un fichier existant ou de sauvegarder le travail.



### **Simulation :**

Contient les commandes permettant de lancer l'exécution, de l'arrêter, de réinitialiser le processeur ou d'exécuter le programme instruction par instruction.

### **Outils :**

Permet d'accéder à des outils d'assistance tels qu'une calculatrice ou un convertisseur de valeurs (décimal / hexadécimal), utiles lors de l'écriture et de l'analyse des programmes assembleur.

A screenshot of the Moto 6809 - Simulateur de Microprocesseur application window. On the left, a modal dialog titled "Convertisseur Hex ↔ Dec ↔ Bin" is open, showing conversion between Hexadecimal (A), Decimal (10), and Binary (1010). It has buttons for "Hex → Dec", "Dec → Hex", "Effacer", and "Fermer". On the right, a standard Windows-style calculator window titled "Calculatrice" is open, showing the number 0. The calculator has a numeric keypad and various mathematical function keys like %, CE, MC, etc.

### **Fenêtre :**

Permet d'afficher ou de masquer les différentes fenêtres du simulateur, notamment celles liées à la mémoire (RAM et ROM) ou à l'édition du code, afin d'adapter l'interface aux besoins de l'utilisateur.

### Options :

Regroupe les paramètres de configuration du simulateur.

### Aide :

Fournit des informations générales sur l'utilisation de l'application.

## Barre d'outils

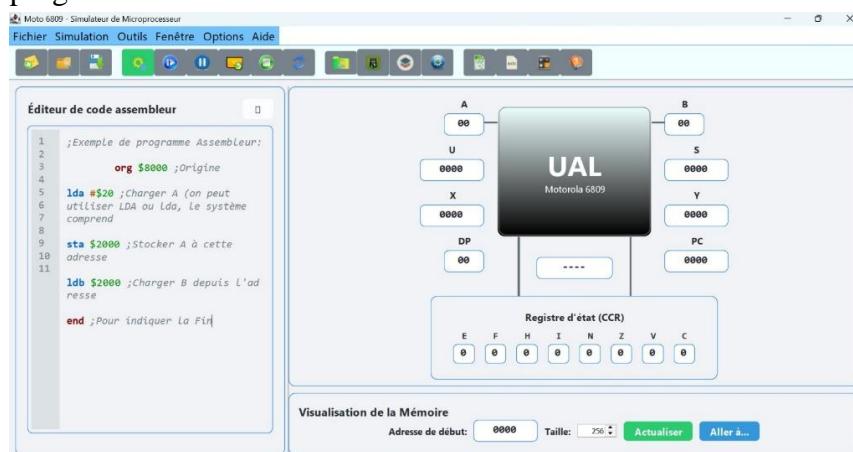


La barre d'outils propose un accès direct aux actions les plus utilisées, sans passer par les menus. Elle facilite la manipulation rapide du simulateur lors des phases de test et de débogage.

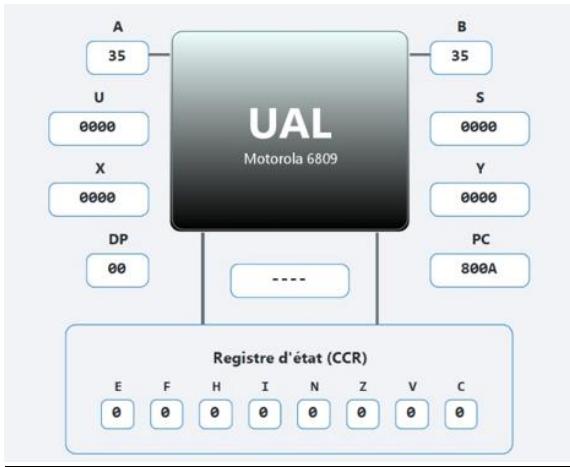
Elle permet en autres :

- De créer, ouvrir ou sauvegarder un programme
- De lancer la simulation
- D'exécuter le programme en mode pas à pas
- D'arrêter ou de réinitialiser l'exécution

Lors de la création d'un nouveau fichier, l'éditeur de code assembleur s'affiche automatiquement, permettant à l'utilisateur de commencer immédiatement la saisie du programme.



## Zone centrale de simulation



La zone centrale représente l'architecture interne du microprocesseur Motorola 6809. Elle constitue le principal support visuel de la simulation.

Cette zone permet à l'utilisateur de :

- Observer l'évolution des registres et des indicateurs d'état
- Suivre l'exécution des instructions en temps réel
- Comprendre l'impact direct de chaque instruction sur le processeur

Les valeurs affichées sont mises à jour automatiquement pendant l'exécution du programme, que ce soit en mode continu ou en mode pas à pas.

Les fenêtres complémentaires, comme celles de la mémoire RAM et ROM, peuvent être affichées en parallèle afin d'approfondir l'analyse lorsque nécessaire.

## **Comportement dynamique de l'interface :**

À chaque étape de la simulation, l'interface reflète instantanément l'état courant du processeur. Cette mise à jour automatique permet à l'utilisateur de se concentrer sur l'analyse du programme sans manipulation supplémentaire.

Sur l'interface graphique, une zone dédiée permet la visualisation de la mémoire du simulateur

## Fonctionnalités réalisées et conformité aux exigences

- **Émulation du jeu d'instructions** avec prise en charge des principaux modes d'adressage.
- **Suivi en temps réel et modification manuelle** des registres et de l'état du processeur.
- **Débogueur intégré** offrant l'exécution pas à pas, les points d'arrêt et l'inspection/modification de la mémoire.
- **Gestion des entrées/sorties** via une console logicielle et une interface graphique interactive.
- **Interface graphique intuitive** permettant la visualisation du processeur, de la mémoire et des résultats.
- **Utilisation du langage Java**, conforme aux exigences technologiques.

## Conclusion Générale

La réalisation de ce simulateur de microprocesseur Motorola 6809 a permis de concevoir un environnement d'émulation fonctionnel et cohérent, destiné au développement, au test et à l'apprentissage des programmes assemblleur spécifiques à ce microprocesseur.

Grâce à l'implémentation du jeu d'instructions principal et à la prise en charge des modes d'adressage essentiels, le simulateur reproduit de manière fidèle le comportement du Motorola 6809. L'intégration d'un système de suivi en temps réel des registres, de l'état du processeur et de la mémoire offre à l'utilisateur une vision claire et immédiate de l'exécution des programmes, facilitant ainsi l'analyse et le débogage.

L'interface graphique développée constitue un atout majeur du projet. Elle permet une interaction intuitive avec le simulateur et améliore considérablement la compréhension du fonctionnement interne du processeur. Les fonctionnalités telles que l'exécution pas à pas, la gestion des points d'arrêt et la visualisation dynamique des éléments internes rendent l'outil particulièrement adapté à un usage pédagogique.

Sur le plan technique, le choix du langage Java a permis d'assurer la portabilité, la modularité et l'évolutivité de l'application. L'architecture adoptée facilite la maintenance du code ainsi que l'ajout futur de nouvelles fonctionnalités.

En conclusion, ce projet constitue une base solide pour l'étude et la compréhension du microprocesseur Motorola 6809, tout en offrant un outil pratique et évolutif répondant aux exigences académiques et pédagogiques.