Rapport de Conception Logicielle

A NEW VERSION OF CORE WAR

Equipe de développement :

DOUMBOUYA Sékou

KITSOUKOU Manne Emile

OROU-GUIDOU Amirath Fara

Parcours : Licence 2 Informatique

Groupe : 2B

Sous la supervison :

BOURDACHE Nadjet

LECOQ Romain

Avril 2022

Table des matières

1 Introduction

La conception ou développement logiciel est un terme générique qui se réfère au processus de création, d'écriture, de tests et de maintenance d'une application ou d'un logiciel. Les logiciels ou applications sont écrits dans divers langages de programmations(Java, JavaScript, Python, c, c++, c#...) en associations à des API plus divers les unes que les autres. Ces logiciels peuvent être une simple conception pour avoir une idée de ses capacités et améliorer ses techniques de programmations mais également pour améliorer son quotidien personnel. Ils peuvent également être déployé dans le monde entier pour apporter dans la majeur partie des cas bienfaits à la société. Aujourd'hui, la plupart des logiciels déployés et utilisés deviennent de plus en plus complexes et font usage à des méthodes de développement et des pratiques de programmations qui s'ils ont régulièrement appliqués, facilite la vie du développeur et de son équipe.

C'est dans cette optique qu'il a été introduit dans le cursus d'un informaticien, une grande part de conception d'un logiciel. Ainsi dans le cadre de l'unité d'enseignement TPA(Travaux personnel approfondi), il a été proposé la réalisation d'une application de bout en bout en appliquant des principes de programmation orientée objet en langage Java. De ce fait, une liste assez exhaustive a été présenté dans laquelle, il fallait porter son choix sur l'un des projets et le mener de manière efficaces jusqu'à son terme. Notre choix c'est porté sur le développement d'un **CoreWar**. L'objectif principal de ce projet se résume à la livraison d'un outil permettant de générer des programmes efficace au CoreWar.

2 CoreWar

2.1 Retour sur le jeu

Core War est un jeu de programmation dans lequel deux programmes informatiques (ou plus) sont en concurrence pour le contrôle d'une machine virtuelle appelée MARS [1].Ces programmes sont écrits dans un langage d'assemblage appelé Redcode.Le but du jeu est de faire se terminer toutes les instances du, ou des, programme-s adverse-s, afin d'être le dernier à s'exécuter.

2.1.1 GamePlay

Au debut du jeu, chaque programme est chargé dans un emplacement aléatoire de la mémoire. Après cela, chaque programme exécute une instruction par tour. Le but du jeu est de contraindre ou forcer les processus adverses d'executer une instruction illégale. A l'execution d'une telle instruction, le processus est détruit. Ainsi le jeu est terminé quand un des joueurs ne possède plus aucun processus.

2.1.2 Les principes fondamentales

Pour une bonne implémentations du jeu, certains principes doivent être respecté :

- **Temps d'exécution** :
  Chaque instruction de redCode doit posséder un temps similaire et constant d'excécution
- **Memoire circulaire** :
  La mémoire de la machine virtuel doit être circulaire. Ainsi quand on arrive à la dernière case mémoire, la prochaine case doit être la première
- **Processeurs multiple** :
  Au lieu d'un pointeur d'instruction unique, un simulateur Redcode a une file d'attente de processus pour chaque programme contenant un nombre variable de pointeurs d'instruction que le simulateur parcourt de manière cyclique. Chaque programme commence avec un seul

1. MARS : Memory Array Redcode Simulator

processus, mais de nouveaux processus peuvent être ajoutés à la file d'attente en utilisant l'instruction SPL. Un processus meurt lorsqu'il exécute une instruction DAT ou effectue une division par zéro. Un programme est considéré comme mort lorsqu'il ne reste plus de processus.

- **Pas d'accès externe** :
  Le simulateur ne doit fournir aucune fonction d'entrée et de sortie. C'est un système fermé, dont les seules entrées sont les valeurs initiales de la mémoire et des files d'attente de processus, et dont les seules sorties sont les résultats de la bataille.

2.2 RedCode

RedCode est le langage de programmation utilisé dans CoreWar. Ce code est excécuté dans une machine virtuelle(MARS). On peut trouver une certaine similarité entre le RedCode et le langage assembleur. En effet sa conception se base sur les langages d'assemblages CISC [2] du début des années 1980. Toutefois, ce langage possède certaines caractéristiques vague que l'on ne trouve généralement pas dans les systèmes informatiques réels.

2.2.1 Structure d'une Opération

Quelque soit la version du redCode, toutes les opérations gardent une certaine structure précise. Cette structure se décompose comme une combinaison d'un **Opcode** et de deux(2) **Operandes**

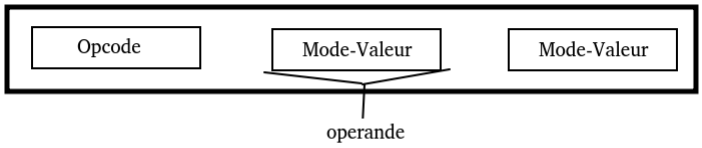


FIGURE 1 – struture d'une operation

2. Complex Instruction Set Computer/Computing

- **Operande** :
  Une operande est la combinaison d'un **mode d'addressage** et d'une valeur. Couramment la première opérande est dénommé l'**opérande A** et la seconde l'**opérande B**

- **Opcode** :
  Les Opcodes sont utilisés pour spécifier quelles opérations devrait être réalisé quand une ligne de code est exécutée.
  Fondamentalement on a huits(8) opcodes qui existent.

Opcode	Mnemonique
0	DAT
1	MOV
2	ADD
3	SUB
4	JMP
5	JMZ
6	DJZ
7	CMP

TABLE 1 – Listes des Opcodes

- **Modes d'addressages** :
  Ainsi, les différentes modes d'addressages combinées aux valeurs pour former une opérande. Fondamentalement, on a quatre(4) modes d'addressage.

Modes d'Addressage	Les octothorpes
Mode d'addressage immediate	#
Mode d'addressage direct	$ par défaut
Mode d'addressage indirect	@
Mode d'addressage pre-decrement indirect	<

TABLE 2 – Les modes d'addressage

En effet, nous avons ci-dessous les huit(8) opérations de base et leur définitions ou leurs actions :

Opcode	Mnemonique	Définitions
1	DAT	permet de retirer le processus en cours d'exécution de la file d'attente des processus
2	MOV	permet déplacer une opérande A vers une autre opérande B
3	ADD	permet d'ajouter une opérande A à une opérande B
4	SUB	permet de soustraire une opérande A d'une opérande B
5	JMP	permet de sauter à une opérande A
6	JMZ	permet de sauter à une opérande A si une opérande B est nulle
7	DJZ	permet de décrémenter l'opérande B ; si l'opérande B est nulle, on saute à l'opérande A
8	CMP	permet de faire passer une instruction suivante si une opérande A est égale à une opérande B

TABLE 3 – Listes et Définitions des Opcodes

2.3 Les différentes versions

Il existe un certain nombre de versions du Redcode. La version la plus ancienne décrite par **Alexander Keewatin Dewdney** diffère à bien des égards des normes ultérieures établies par **l'International Core War Society**, et pourrait être considérée comme un langage différent, bien que connexe. La forme de Redcode la plus couramment utilisée aujourd'hui est basée sur un projet de norme soumis à l'ICWS [3] en 1994, qui n'a jamais été officiellement accepté, l'ICWS ayant été dissoute à cette époque. Le développement de Redcode s'est cependant poursuivi de manière informelle, principalement via des forums en ligne tels que l'ICWS.

NB : Bien que durant ce projet nous avons cherché à se rapprocher des versions standards, il sera présenté une version un peu plus personnalisé.

3. l'International Core War Society

3 Analyse et Planification du projet

Pour mener à bien le projet, il est nécessaire d'établir assez tôt le cahier des charges, l'architecture du projet et les objectifs qu'il faut atteindre en précisant les différentes deadlines.

3.1 Les objectifs de conception

Il est attendu à la fin du projet de livrer un outil permettant de générer des programmes efficace au CoreWar. De ce fait, il a fallu adapter nos différents objectifs pour aboutir au produit final qui est demandé.

Les objectifs principaux

Ces objectifs se déclinent respectivement en 3 points par ordre de priorités :

- **Développement d'une plateforme de simulation de la machine virtuelle**
- **Exécution des programmes écrits en RedCode**
- **Implémentation d'un algorithme génétique**

Ainsi, ces trois(3) objectifs permettront d'aboutir au produit souhaité.

Les objectifs secondaires

Il a été fixé principalement comme objectif secondaire, la réalisation d'une interface graphique qui faciliterait l'utilisation du programme.

3.2 L'architecture du projet

Les objectifs étant claires, il est nécessaire de bien structurer son projet. Il a été découpé au plusieurs packages qui nous permettent d'avoir une meilleur vue d'ensemble du projet.

Cela permet dès le début de voir les différents liens qu'il faudra établir et d'avancer plus sereinement dans le développement.

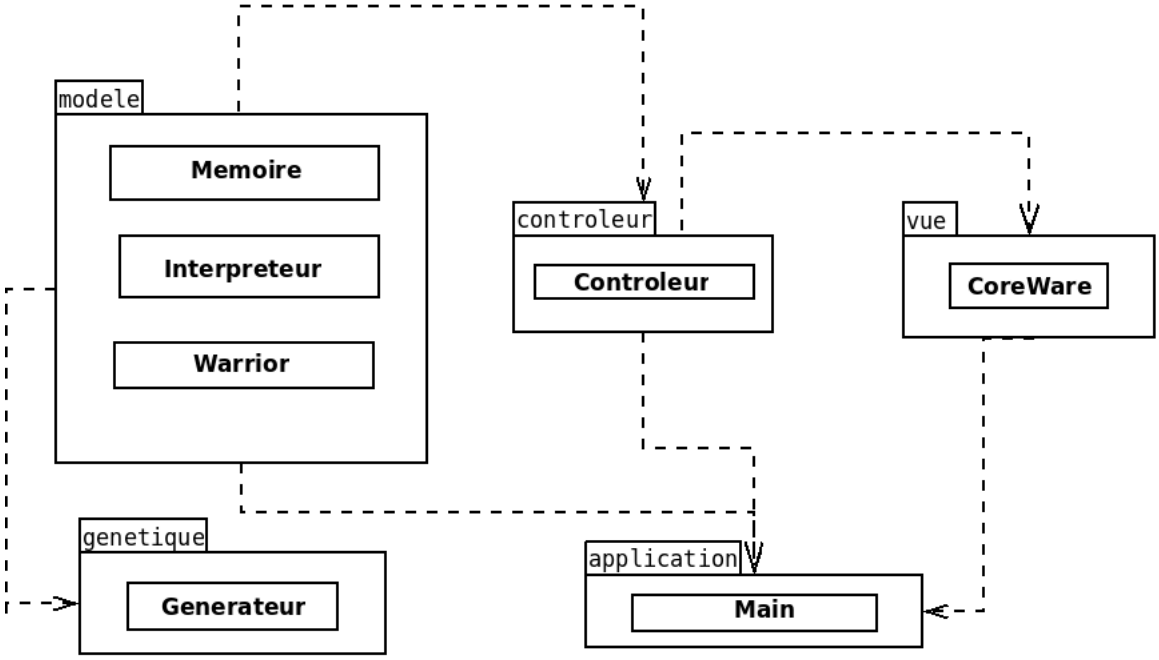


FIGURE 2 – Diagramme de packages

3.3 Répartition des tâches

Les tâches ont été réparti afin qu'à la fin du projet, il ne resterait plus qu'à combiner les différents codes de chacun. Etant dans un groupe de 3, il n'a pas été possible de s'organiser en binomes pour la réalisation du projet. De ce fait, il a fallu s'adapter. Un membre devrait s'occupait de la partie modèle du projet et un autre de la vue. Le troisième membre serait un électron libre qui devait passer d'une partie à l'autre par rapport à l'avancement du projet. Ainsi :

- **Amirath** devrait se charger du début de l'implementation du modèle, précisement de la mémoire et des warriors
- **Sekou** commencerait ainsi les prémices de l'interface graphique
- **Emile** quant à lui implementerait de l'interpreteur des programmes de coreware, tout en apportant une main d'oeuvre dans les 2 autres parties que gérait Amirath et Sekou.Et par la suite s'occupera de la partie génétique quand le projet serait à minima

4 Conception du logiciel

4.1 Le choix du pattern

Bien qu'ayant une vue assez globale du projet, le pattern **MVC**(**M**odèle **V**ue **C**ontroleur) a été choisi durant le projet. Ce choix était motivé par le fait que nous souhaitons que l'application finale permette une interaction avec l'utilisateur. Cela a permis ainsi de séparer la représentation des informations de notre modèle et la manière dont ces informations sont vues par l'utilisateur.

4.2 Le modèle du jeu

Pour le bon fonctionnement du modèle, il était nécessaire d'avoir au final trois(3) objets distincts :

- `memoire`
- `Interpréteur`
- `Warrior`

Ces trois(3) objets sont eux même constitués de sous objets qui permettre leur bon fonctionnement. Étant donnée qu'ils sont globalement indépendant, le choix a été fait de les développer dans des sous-packages du modèle(Voir Annexe).

La mémoire

C'est l'un des Objets les plus importants. Ce dernier permet de modélisé une mémoire virtuel pour notre MARS. Il est composé de cellules mémoire dans lesquels sont écrits les opérations de RedCode. Grace à cet objet, on a la possibilté de réaliser les operations de bases d'une machine à savoir :

- **Lecture** à travers la méthode `lecture(Adresse adresse)`. On peut alors accéder à une cellule de la mémoire et voir son contenu.
- **Écriture** à travers la méthode `ecriture(Instruction instruction, Adresse adresse)`. On accède à la cellule situé à une adresse et on y écrit une nouvelle instruction

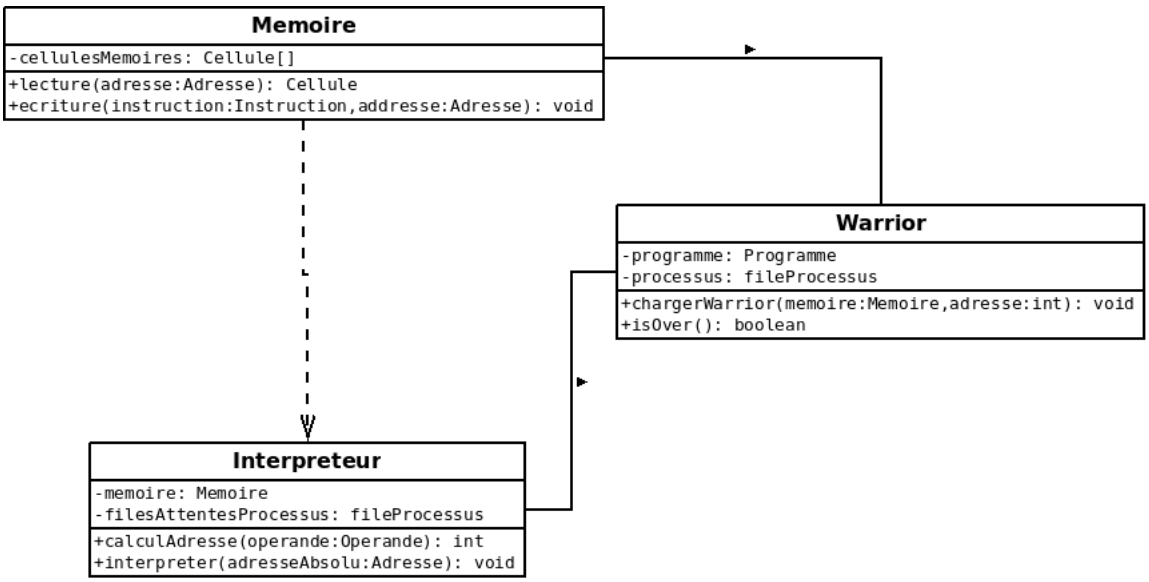


FIGURE 3 – diagramme du modele de l'application

L'Interpréteur

Comme son nom l'indique, il permet d'interpréter des instructions stockés dans la mémoire. Ainsi, pour son fonctionnement il a uniquement besoin de la mémoire sur laquelle il effectue l'interprétation et de l'adresse qu'il doit interpréter. On utilise principalement une seule méthode de la classe qui celle lié à l'interprétation d'une adresse : `interpreter`. L'implementation de cet interpreteur permet d'analyser jusqu'à 10 types d'instructions distinctes

Le Warriror

Les warriors sont les protagonistes de la bataille pour le controle de la mémoire. A travers cet objet, on peut principlaement maintenant :

- Charger un warrior
- savoir l'état du warrior

4.3 Le contrôle du jeu

Pour cette application, le choix a été fait de centraliser le déroulement d'une partie dans un unique objet : `Controleur`. Cet objet gère totalement

la mécanique de l'application. Il utilise principalement 2 objets du modèle :

- Interpreteur
- Warrior

Ainsi, en utilisant un controleur, on gère le placement des warriros dans des zones mémoires séparées par une distance minimal. La gestion des tours de jeu devient un peu plus naturel grâce à cette centralisation. On passe d'un tour à un autre en faisant usage de la méthode `void excecute()`.

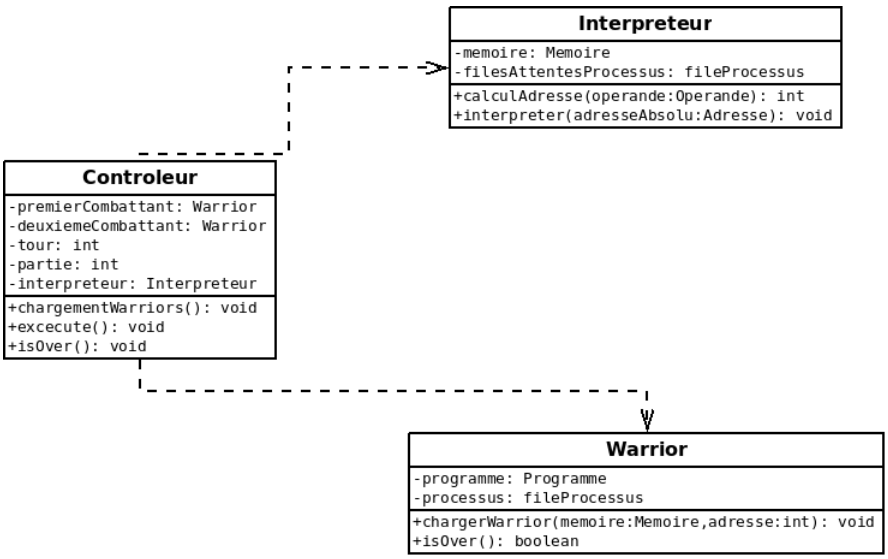


FIGURE 4 – Diagramme du package Controleur

4.4 Interface Graphique

Pour cette première version de l'application, le choix a été fait d'avoir une interface graphique qui permettrait un usage facile pour l'utilisateur. En outre l'écran d'accueil, un écran principale a été développé pour l'usage pratique de l'application. Ainsi l'utilisateur a la possibilité de naviguer d'un écran à l'autre, bien que La plus grande partie de son interaction se résume à l'ecran de jeu.

Concernant l'écran de jeu, Il est décomposer en 3 grandes parties :

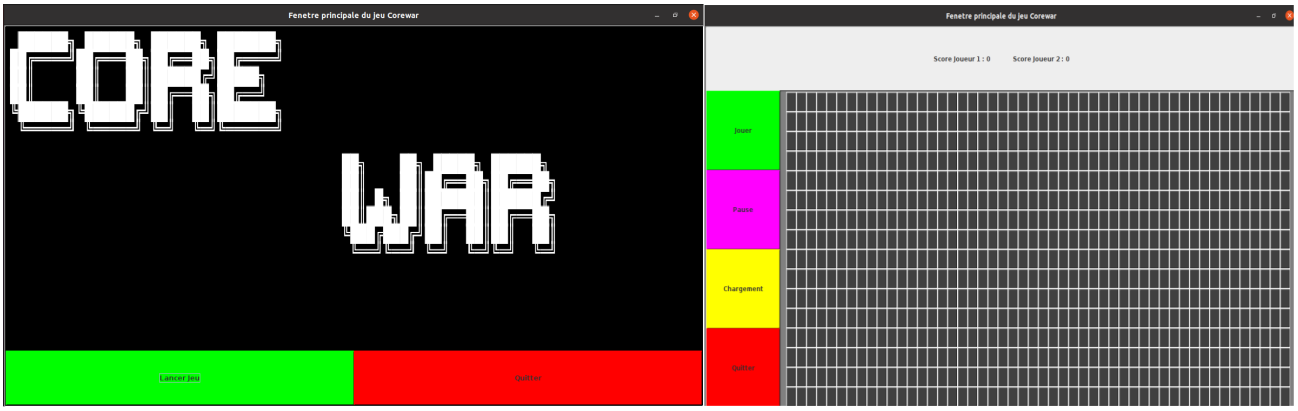


FIGURE 5 – Les écrans de la vue

- Une zone de boutons
- Une zone d'nformation où sont affiché le score de chaque joueur
- un plateau de jeu sur lequel se déroule le jeu

À travers notre interface graphique, nous avons la possibilité :

- Charger le programme contenu dans les warriors dans la memoire
- Lancer un combat entre les 2 warriros
- Reinitialiser la partie(vider la memoire et la file d'attente des processus)
- Charger directement son propre programme de redCode dans l'un des warriros
- Mettre en pause une partie courante

4.5 La génétique

Pour modeliser notre système de génétique, il a fallu programmer les principes de bases d'une génétique naturelle :

- L'évaluation d'un individu de notre population c'est à dire un `Programme`
- Effectuer les operations génétiques de bases(croisement et mutation)

- Comparer deux individus de la population

Les relations dans la `genetique` sont uniquement des relations d'associations Aucune ne dépend d'une autre dans ce package. Tout est centraliser dans le générateur où nous gérons les mutations et les croisements des programmes. Ainsi on utilise principalement les méthodes :

- `croisementProgramme` de `Croisement` pour retourner 2 fils issu du croisement de 2 parents
- `mutationProgramme` de `Mutation` pour effectuer la mutation d'un programme en fonction des probabilité liées à sa réalisation
- `generate` de `Generateur` pour générer un population futur à partir d'une population de base
- `generateProgramme`, elle utilise `generate` pour générer un programme efficace.S

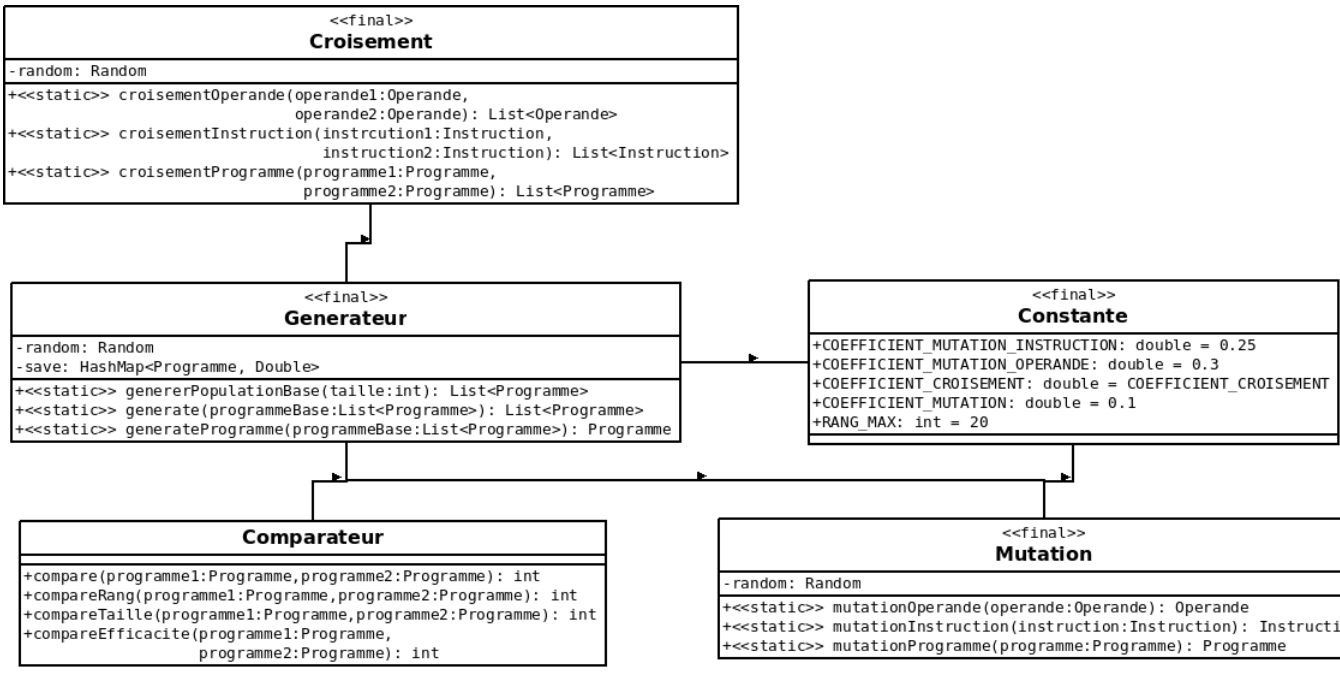


FIGURE 6 – diagramme du package génétique

5 Points techniques

5.1 Lecture et Interprétation des fichiers

L'application permet de lire et interpréter les fichiers possédant du redCode.

Le format de fichier

Pour réaliser une lecture, le fichier doit répondre à une certaine norme prédéfinie :

- Chaque ligne ne possédant pas du code doit débuter par le caractère ';'
- Une ligne de redCode ne doit contenir que les expressions en redCode et rien d'autres
- Le fichier ne peut pas contenir de ligne vide ni au début ni entre les lignes de code ou à la fin du fichier
- Une ligne de redCode doit obligatoirement être de la forme : opcode operande operande (par exemple MOV $ 0 $ 1)

Interprétation de fichier

Si le fichier respecte le format prédéfini, l'interpretation de ce dit fichier lira chacune des lignes en les transformant en `Instruction` grâce à :

../src/modele/redcode/instruction/Instruction.java

```
1  public Instruction(String ligne) {
2
3      String separteur = "\\s+";
4      String[] mot = ligne.split(separteur);
5
6      this.opcode = Opcode.fromString(mot[0]);
7      this.operandeA = new Operande(mot[1],
8                          Integer.valueOf(mot[2]));
9      this.operandeB = new Operande(mot[3],
10                         Integer.valueOf(mot[4]));
```

```
11
12  }
```

5.2 Logique de l'Interpréteur du MARS

Retour sur le calcul d'adresse

Pour le bon déroulement d'une partie, il est indispensable de bien effectuer les calculs d'adresses. Il se base sur le principe d'une mémoire circulaire et l'utilisation des modes d'adressage pour pour calculer l'adresse effective. La memoire circulaire est utile dans le sens où les operations n'aboutiront jamais à des zones mémoires non existantes. Ainsi pour chaque adresse on effectue son modulo [4] avant de l'utiliser :

$$\boxed{adreseUtilise = addresseFourni \mod TAILLEMEMOIRE}$$

La gestion des processus

Chaque Warrior possède un ou plusieurs processus. Lorsque le warrior est chargé pour la première fois dans le Core, il reçoit un seul processus, mais il peut en acquérir d'autres en exécutant l'instruction spl.

Pendant une partie de Corewar, chaque guerrier exécute à tour de rôle un seul processus. Dans le premier cycle du tour, le premier guerrier exécute une instruction. Dans le cycle suivant, le guerrier suivant exécute une instruction. Une fois que chaque guerrier a exécuté son tour, le premier guerrier recommence.

Si aucun guerrier n'exécute une instruction spl, c'est tout ce qu'il y a à faire et l'exécution continue de cette façon, chaque guerrier prenant son tour au cours des cycles successifs jusqu'à la fin du tour.

Lorsqu'une instruction spl est exécutée, le guerrier qui l'exécute gagne un nouveau processus. Maintenant, lorsque le guerrier prend son tour, il exécute un processus et lorsqu'il prend son tour suivant, il exécute l'autre processus.

4. Le modulo est le reste de la division entiere d'un nombre a par un nombre b

Un exemple de gestion avec 2 warrior dont le premier warrior(en rouge) possede 2 processus et le second(en bleu) un seul processus

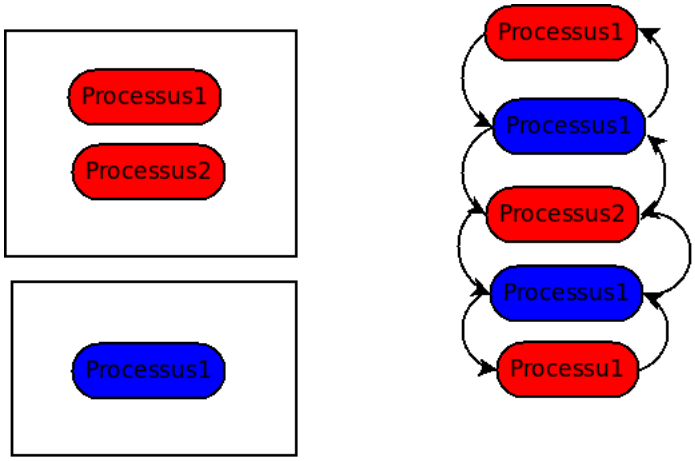


FIGURE 7 – Exemple de deroulement d'une partie

5.3 Algorithm Génétique : Les principes de bases

Un algorithme génétique (AG) est une métaheuristique inspirée par le processus de sélection naturelle qui appartient à la grande classe des algorithmes évolutionnaires (EA). Les algorithmes génétiques sont couramment utilisés pour générer des solutions de haute qualité à des problèmes d'optimisation et de recherche en s'appuyant sur des opérateurs d'inspiration biologique tels que la mutation, le croisement et la sélection.

Ce classe d'algorithm suit un certain ordre logique durant lesquels on effectue des operations bien précise dans un ordre données :

- Evaluation de la population initiale
- Selection des futures parents de la prochaine génération
- croisement et mutation de la population

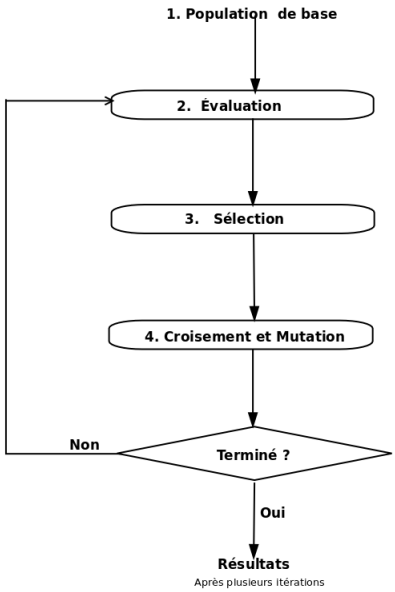


FIGURE 8 – Shéma recaputilatif d'un algorithm génétique

Ainsi notre algorithm est basé sur des mutations et des croisements probabilistes :

- La mutation des operandes est réalisé que dans 30% des cas
- La mutation des opcodes est effectué dans 25% d'une population
- La mutation des instructions se déroule dans 10% des cas
- Le croisement entre 2 parents donnent des enfants dans 70% des croisements

Pour aboutir à un programme efficace, on passe par 2 algorithm distincts : Le premier algorithm nous montre comment aboutir à un programmme efficace

Le second explique comment s'effectue la génération d'une futur population

Algorithme 1 : Générer un programme efficace

Entrées : Une collection de programmes
populationBase $= \{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$ où chaque programme est une liste d'instructions ecrits en redCode

Sortie : Un programme efficace

```
1 si Taille(PopulationBase) == 1 alors
2 |  ProgrammeEfficace ← p_1
3 |  si efficacite(ProgrammeEfficace) > 0.8 alors
4 |  |  retourner ProgrammeEfficace
5 |  populationBase ← populationBase ∪ {copie(p_1)}
6 retourner generationFutur(populationBase)
```

Ainsi grace à la combinaison des 2 algorithmes, nous trouvons une solution à notre problème d'optimisation

6 Expérimentations sur l'algorithm Génétique

Le but principale de ces expérimentations été de montrer que le caractère aléatoire de la génétique sont respecté et également de montrer la convergence vers un programme efficace.

Conditions d'Expérimentations

Afin de pouvoir fournir des conclusions logiques, certains choix ont été fait pour ne pas biaisés les conclusions et les résultats obtenus :

- Pour chaque données utilisés est la moyenne des résultats répétées ayant une même taille de la population de base
- Pour chaque expérience doit être faite à partir de graines différentes pour l'aléatoire
- Le critère fondamentale de ces expérimentation est lié à la taille de la population d'entrée

Algorithme 2 : Generation d'une population à partir d'une autre population

Entrées : Une collection de programmes populationBase $= \{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$ où chaque programme est une liste d'instructions ecrits en redCode

Sortie : Une future génération composée des parents de la populations de bases et de leurs enfants aynt subi une mutation ou pas

```
1  futureGeneration ← ∅
2  parents ← ∅
3  tant que Taille(parents) < Taille(populationBase)/2 faire
4  |  programme ←un programme aléatoire dans populationBase
5  |  efficaciteMin ←← un réel entre 0 et 1
6  |  si efficaciteMin < efficacite(programme) ou
   |   efficaciteMin > 0.7 alors
7  |  |  parents ← parents ∪ {programme}
8  fin
9  futureGeneration ← futureGeneration ∪ {parents}
10 tant que parents ≠ ∅ faire
11 |  parent1 ← alatoirementunlmentdeparents
12 |  parent2 ← alatoirementunlmentdeparents
13 |  probabilite ← un réel entre 0 et 1
14 |  si probabilite > PROBABILITECROISEMENT alors
15 |  |  futureGeneration ← futureGeneration ∪ {croisement(p1, p2)}
16 |  parents ← parents − {p1, p2}
17 fin
18 pour chaque Programme p dans futureGeneration faire
19 |  probabilite ← un réel entre 0 et 1
20 |  si probabilite > PROBABILITEMUTATION alors
21 |  |  futureGeneration ← futureGeneration ∪ mutation(p)
22 |  |  futureGeneration ← futureGeneration − p
23 fin
24 retourner futureGeneration
```

Analyse et interprétation des résultats

La figure obtenue ne permete pas d'établir à premiere vue que la recherche d'un programme efficace soit liés à la taille des données mises en entrée. On

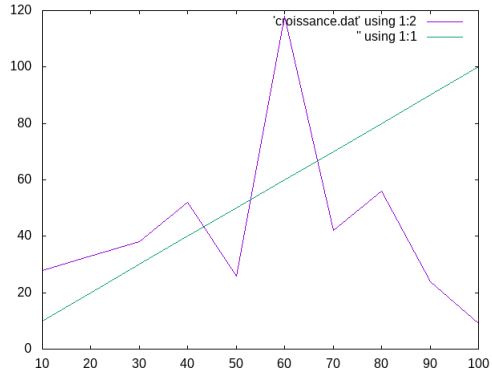
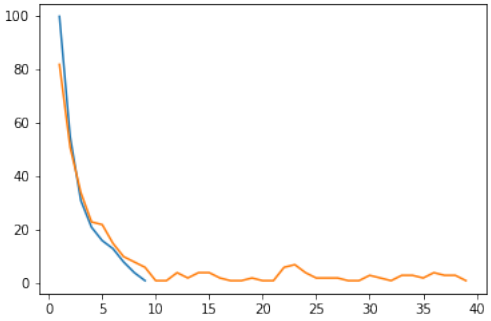


FIGURE 9 – Courbe du nombre de tour effectué en fonction de la taille de la population

obtient une courbe en zig-zag qui est loin de suivre l'allure d'une fonction mathématique classique ou connus.Ainsi nous ne pouvons comparer la courbe pour estimer une convergence. Toutefois on remarque qu'il est assez rare de dépaser 60 tour pour obtenir un efficace.

Cette figure montre la variation de la population de base. C'est à dire elle



fait apparait la taille de la population durant la recherhce d'un programme efficace. Cette courbe est à une allure decroissant dans sa majeur partie. Il existe néamoins des zones où la population croit avant de décroite de nouveaux.

Conclusion

En somme, l'allure en zig-zag du nombre de tour effectué avant l'aboutissant à un programme éfficace permet de conclure que l'algorithm génétique respecte bien les lois de la génétique qui pronent le fait que l'aboutissement à un individu ayant de bonne caractéristique n'est pas lié en soit à la taille de la population initiale mais à la faculté d'adaptation de ces individus à leur environnement. De plus l'évolution de la population durant la recherche d'un individu idéale est assez variable. Toutefois vu le caractère elitisme de tout notre algorithm, on assiste à une décroissance rapide de cette population qui ne garde que ses meilleurs individus pour être les parents de la future génération et donc ameliorer leur capacité d'adaptation.

Il en revient en dernier lieu, qu'il n'est pas evident d'étudié le comportement d'un algorithm génétique. Cela est dû notamment au fait que l'algorithm se base sur des principes de selection naturelle et des variables probabilistes. Cependant nous pouvons néamoins remarquer le caractère elitisme de notre sélection qui permet d'aboutir rapidement à un individu idéale.

7 État d'avancement du projet

7.1 Un point sur les objectifs

À ce jour, l'application remplit l'ensemble des objectifs fixés. Elle possède notamment :

- Une machine virtuel fonctionnel. Cette machine virtuel possède une mémoire et un interpréteur permettant d'analyser 12 instructions
- Une implémentation de warrior qui permet de définir un combattant du jeu
- Une interface graphique qui permet d'avoir une visualisation globale du fonctionnement du coreware
- Un système de chargement de programme écrit en RedCode
- Un algorithm génétique qui fournit des warriors à partir d'une population d'entrée

7.2 Les difficultés rencontrés

Comme tout projet, il arrive de se retrouver dans des impasses. Cependant la grande partie d'entre eux ont été résolu après des remises en questions sur les choix faits(choix des structures de données, objets à créer, algorithm écrits ..). Cependant certaines ont été plus complexes que d'autres et reste jusqu'à cet stade sans une solution de notre part :

- La gestion des processus multiples
- la recette idéale pour notre algorithm génétique

7.3 Les améliorations possibles

Bien que l'ensemble de l'application rentre dans le format attendu, il est possible de faire plusieurs ameliorations. Parmis celle ci se trouve notamment :

- **Amelioration de la version implémenté** :
  En effet, la version fournie nécessite une certaine modification des programmes en redCode récupéré en ligne. Ainsi dans de prochaine mise à jour, il serait important de corriger ce problème pour que l'utilisateur n'est plus à devoir réécrire les programmes dont il peut télécharger.
- **Implementer une version plus récent de redCode** :
  La version qui a été fourni se rapproche de la version ICW88 sans l'atteindre. Ainsi une première étape serait d'obtenir une application possédant cette version de redCode avant de passer aux versions plus récente.
- **Ameliorer l'interface graphique** :
  L'interface graphique fourni actuellement possède globalement les mêmes fonctionnalités que celle des versions fournis en ligne. Toutefois, on peut l'ameliorer notamment sur la representation cases memoires où un processus meurt. Ou fournir directement dans l'application une interface où l'utilisateur pourra écrire directement le code de ses warriors avant de les charger et les faire combattre sur le MARS

8 Conclusion

Dans ce projet nous nous fixés de réaliser une application qui interpreterait le langage de programmation **redCode** et ainsi nous permettre de pouvoir mettre en concurrence 2 programmes pour le controle du MARS. De plus l'un de nos critères fondamentales fut la réalisation de l'interface graphique. Pour ce faire, nous avons structurer notre application en utilisant un pattern MVC qui permettrait l'implementation d'une interface graphique. Nous avons fait le choix de structurer notre modèle en différent package :

- `redCode`
- `memoire`
- `combattant`

Ces packages du modèle nous ont permis de pouvoir modeliser une machine virtuel mais aussi de mettre en oeuvre le deroulement d'un partie de coreware. Cela a été possible en combinant le module `redCode` avec `memoire` et `combattant`. Le controle du jeu est quant à lui possible grâce à l'utilisation de l'ensemble du package `modele` et une gestion de tour de vue. Et la pierre angulaire du de l'application qui est la vue se résumait dès lors juste à une implementation des actions et une modelisation de la representation du modèle.

Pour conclure notre application nous avons proposé un algorithm génétique qui permet de générer un combat efficace. L'efficacité de ce combat est sa faculté à pouvoir effectuer plusieurs tours de jeu sans auto détruire.

En somme, ce projet nous a permis d'ameliorer nos techniques de programmations, ameliorer la gestion des projets en groupe qui peut être fastidieuse. Cela a permis également d'avoir une meilleur vision du coeur d'une machine et le déroulement de ses instructions.

Annexe

Diagramme complet modele

Cette section contient une vue plus globales du modèle en présentant les methodes principales utilisés