

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE ROUEN

EC ALGORITHMIQUE AVANCÉE ET PROGRAMMATION C

Rapport de projet d'algorithmique

Titre du projet :

« Jeu d'Othello »

Auteurs :

Gautier DARCHEN

Romain JUDIC

Riadh KILANI

Claire LOVISA

Sandratra RASENDRASOA

9 décembre 2015

Introduction

Table des matières

Introduction	2
I Analyse	5
1 Analyse des TAD	6
1.1 Le TAD « Couleur »	6
1.2 Le TAD « Plateau »	6
1.3 Le TAD « Coup »	6
1.4 Le TAD « Pion »	7
1.5 Le TAD « Coups »	7
1.6 Le TAD « Position »	7
2 Analyse descendante	8
II Conception préliminaire	9
1 Conception préliminaire des TAD	10
1.1 Conception préliminaire du TAD « Couleur »	10
1.2 Conception préliminaire du TAD « Plateau »	10
1.3 Conception préliminaire du TAD « Coup »	10
1.4 Conception préliminaire du TAD « Pion »	10
1.5 Conception préliminaire du TAD « Coups »	11
1.6 Conception préliminaire du TAD « Position »	11
2 Conception préliminaire des fonctions et procédures issues des analyses descendantes	12
2.1 Conception préliminaire de l'analyse descendante de « Faire une partie »	12
2.1.1 Types	12
2.1.2 Sous-programmes	12
2.2 Conception préliminaire de l'analyse descendante de « obtenirCoupIA »	12
III Conception détaillée	14
1 Conception détaillée des TAD	15
1.1 CD du type « Couleur »	15
1.2 CD du type « Pion »	15
1.3 CD du type « Position »	15
1.4 CD du type « Plateau »	15
1.5 CD du type « Coup »	15

1.6	CD du type « Coups »	15
2	Conception détaillée des algorithmes compliqués de l'analyse « faireUnePartie »	16
2.1	La procédure « faireUnePartie »	16
2.2	La procédure « jouer »	17
2.3	La procédure « jouerCoup »	17
2.4	La procédure « inverserPions »	17
2.5	La procédure « inverserPionsDir »	18
2.6	La procédure « pionEstPresent »	18
2.7	La procédure « pionEstPresentRecuratif »	18
3	Conception détaillée des algorithmes compliqués de l'analyse « obtenirCoupIA »	20
3.1	La fonction « obtenirCoupIA »	20
3.2	La fonction « scoreDUnCoup »	20
3.3	La fonction « coupValide »	21
3.4	La fonction « minMax »	21
IV	Développement	23
	Conclusion	24

Première partie

Analyse

Chapitre 1

Analyse des TAD

1.1 Le TAD « Couleur »

Nom: Couleur
Opérations: blanc: \rightarrow Couleur
noir: \rightarrow Couleur
changerCouleur: Couleur \rightarrow Couleur
Axiomes: - *changerCouleur(blanc())=noir()*
- *changerCouleur(noir())=blanc()*

1.2 Le TAD « Plateau »

Nom: Plateau
Utilise: **Booleen**, Position, Pion
Opérations: creerPlateau: \rightarrow Plateau
estCaseVide: Plateau \times Position \rightarrow **Booleen**
viderCase: Plateau \times Position \rightarrow Plateau
poserPion: Plateau \times Position \times Pion \rightarrow Plateau
obtenirPion: Plateau \times Position \rightarrow Pion
inverserPion: Plateau \times Position \rightarrow Plateau
Axiomes: - *estCaseVide(creerPlateau(),position)=VRAI*
- *estCaseVide(viderCase(plateau,position),position)=VRAI*
- *estCaseVide(poserPion(plateau,position,pion),position)=FAUX*
- *obtenirPion(poserPion(plateau,position,pion),position)=pion*
- *inverserPion(inverserPion(plateau,position),position)=plateau*
Préconditions: viderCase(plateau,position): non(estCaseVide(plateau,position))
poserPion(plateau,position): estCaseVide(plateau,position)
obtenirPion(plateau,position): non(estCaseVide(plateau,position))
inverserPion(plateau,position): non(estCaseVide(plateau,position))

1.3 Le TAD « Coup »

Nom: Coup
Utilise: Position, Pion
Opérations: creerCoup: Position \times Pion \rightarrow Coup

obtenirPositionCoup: $\text{Coup} \rightarrow \text{Position}$

obtenirPionCoup: $\text{Coup} \rightarrow \text{Pion}$

Axiomes:

- $\text{obtenirPositionCoup}(\text{creerCoup}(\text{pos}, \text{pion})) = \text{pos}$
- $\text{obtenirPionCoup}(\text{creerCoup}(\text{pos}, \text{pion})) = \text{pion}$

1.4 Le TAD « Pion »

Nom: Pion

Utilise: Couleur

Opérations:

- creerPion: $\text{Couleur} \rightarrow \text{Pion}$
- obtenirCouleurPion: $\text{Pion} \rightarrow \text{Couleur}$
- retournerPion: $\text{Pion} \rightarrow \text{Pion}$

Axiomes:

- $\text{obtenirCouleurPion}(\text{creerPion}(\text{couleur})) = \text{couleur}$
- $\text{obtenirCouleurPion}(\text{retournerPion}(\text{pion})) = \text{changerCouleur}(\text{obtenirCouleurPion}(\text{pion}))$

1.5 Le TAD « Coups »

Nom: Coups

Utilise: Naturel, NaturelNonNul, Coup

Opérations:

- creerCoups: $\rightarrow \text{Coups}$
- ajouterCoups: $\text{Coups} \times \text{Coup} \rightarrow \text{Coups}$
- nbCoups: $\text{Coups} \rightarrow \text{Naturel}$
- iemeCoup: $\text{Coups} \times \text{NaturelNonNul} \rightarrow \text{Coup}$

Axiomes:

- $\text{iemeCoup}(\text{ajouterCoups}(\text{cps}, \text{cp}), \text{nbCoups}(\text{cps})) = \text{cp}$
- $\text{nbCoups}(\text{creerCoups}()) = 0$
- $\text{nbCoups}(\text{ajouterCoups}(\text{cps}, \text{cp})) = \text{nbCoups}(\text{cps}) + 1$

Préconditions: $\text{iemeCoup}(\text{cps}, i): i \leq \text{nbCoups}(\text{cps})$

1.6 Le TAD « Position »

Nom: Position

Utilise: NaturelNonNul

Opérations:

- obtenirLigne: $\text{Position} \rightarrow \text{NaturelNonNul}$
- obtenirColonne: $\text{Position} \rightarrow \text{NaturelNonNul}$
- fixerPosition: $\text{NaturelNonNul} \times \text{NaturelNonNul} \rightarrow \text{Position}$

Axiomes:

- $\text{obtenirLigne}(\text{fixerPosition}(\text{ligne}, \text{colonne})) = \text{ligne}$
- $\text{obtenirColonne}(\text{fixerPosition}(\text{ligne}, \text{colonne})) = \text{colonne}$

Préconditions: $\text{fixerPosition}(\text{ligne}, \text{colonne}): 1 \leq \text{ligne} \leq 8 \ \& \ 1 \leq \text{colonne} \leq 8$

Chapitre 2

Analyse descendante

On insérera ici les images des analyses descendantes (une fois qu'elles seront finies et qu'on n'y touchera plus).

Deuxième partie

Conception préliminaire

Chapitre 1

Conception préliminaire des TAD

1.1 Conception préliminaire du TAD « Couleur »

- **fonction** blanc () : Couleur
- **fonction** noir () : Couleur
- **fonction** changerCouleur (couleur : Couleur) : Couleur

Pour la conception détaillée, nous avons ajouté la fonction de comparaison de deux « Couleur » :

- **fonction** sontEgales (couleur1, couleur2 : Couleur) : **Booleen**

1.2 Conception préliminaire du TAD « Plateau »

- **fonction** creerPlateau () : Plateau
- **fonction** estCaseVide (plateau : Plateau, position : Position) : Couleur
- **procédure** viderCase (**E/S** plateau : Plateau, **E** position : Position)
 |**précondition(s)** non(estCaseVide(plateau,position))
- **procédure** poserPion (**E/S** plateau : Plateau, **E** position : Position, pion : Pion)
 |**précondition(s)** estCaseVide(plateau,position)
- **fonction** obtenirPion (plateau : Plateau, position : Position) : Pion
 |**précondition(s)** non(estCaseVide(plateau,position))
- **procédure** inverserPion (**E/S** plateau : Plateau, **E** position : Position)
 |**précondition(s)** non(estCaseVide(plateau,position))

1.3 Conception préliminaire du TAD « Coup »

- **fonction** creerCoup (position : Position, pion : Pion) : Coup
- **fonction** obtenirPositionCoup (coup : Coup) : Position
- **fonction** obtenirPionCoup (coup : Coup) : Pion

Pour la conception détaillée, nous avons ajouté la fonction de comparaison de deux « Coup » :

- **fonction** sontEgaux (coup1, coup2 : Coup) : **Booleen**

1.4 Conception préliminaire du TAD « Pion »

- **fonction** creerPion (couleur : Couleur) : Pion

- **fonction** obtenirCouleurPion (pion : Pion) : Couleur
- **procédure** retournerPion (**E/S** pion : Pion)

Pour la conception détaillée, nous avons ajouté la fonction de comparaison de deux « Pion » :

- **fonction** sontEgaux (pion1, pion2 : Pion) : **Booleen**

1.5 Conception préliminaire du TAD « Coups »

- **fonction** creerCoups () : Coups
- **procédure** ajouterCoups (**E/S** coups : Coups, **E** coup : Coup)
- **fonction** nbCoups (coups : Coups) : Naturel
- **fonction** iemeCoup (coups : Coups, i : **NaturelNonNul**) : Coup
 |précondition(s) $i \leq \text{nbCoups}(\text{coups})$

1.6 Conception préliminaire du TAD « Position »

- **fonction** obtenirLigne (position : Position) : **NaturelNonNul**
- **fonction** obtenirColonne (position : Position) : **NaturelNonNul**
- **procédure** fixerPosition (**E** ligne, colonne : **NaturelNonNul**, **S** position : Position)
 |précondition(s) $1 \leq \text{ligne} \leq 8 \ \& \ 1 \leq \text{colonne} \leq 8$

Pour la conception détaillée, nous avons ajouté la fonction de comparaison de deux « Position » :

- **fonction** sontEgales (position1, position2 : Position) : **Booleen**

Chapitre 2

Conception préliminaire des fonctions et procédures issues des analyses descendantes

2.1 Conception préliminaire de l'analyse descendante de « Faire une partie »

2.1.1 Types

- **Type** getCoup = **fonction**(plateau : Plateau, pionJoueur : Pion) : Coup
- **Type** afficherPlateau = **procédure**(E plateau : Plateau)

2.1.2 Sous-programmes

- **procédure** faireUnePartie (E coupJoueur1, coupJoueur2 : getCoup, afficher : afficherPlateau, S joueur : Couleur, estMatchNul : **Booleen**)
- **fonction** initialiserPlateau () : Plateau
- **procédure** jouer (E/S plateau : Plateau, couleurJoueur : Couleur, E coupJoueur : getCoup, S aPuJouer : **Booleen**)
- **procédure** finPartie (E aPuJouerJoueur1, aPuJouerJoueur2 : **Booleen**, plateau : Plateau, S estFinie : **Booleen**, nbPionsBlancs, nbPionsNoirs : **Naturel**)
- **fonction** plateauRempli (plateau : Plateau) : **Booleen**
- **procédure** nbPions (E plateau : Plateau, S nbPionsBlancs, nbPionsNoirs : **Naturel**)
- **procédure** jouerCoup (E coup : Coup, E/S plateau : Plateau)
- **procédure** inverserPions (E pos : Position, pionJoueur : Pion, E/S plateau : Plateau)
- **procédure** inverserPionsDir (E/S plateau : Plateau, E posInitiale, posCourante : Position, x, y : Entier)
- **procédure** pionEstPresent (E pionJoueur : Pion, x, y : Entier, E/S pos : Position, plateau : Plateau, S pionPresent : **Booleen**)
- **procédure** pionEstPresentRecuratif (E pionJoueur : Pion, x, y : Entier, E/S pos : Position, plateau : Plateau, S pionPresent : **Booleen**)

2.2 Conception préliminaire de l'analyse descendante de « obtenirCoupIA »

- **fonction** obtenirCoupIA (plateau : Plateau, couleur : Couleur) : Coup
- **fonction** profondeur () : **NaturelNonNul**

- **fonction** listeCoupsPossibles (plateau : Plateau, couleur : Couleur) : Coups
- **fonction** coupValide (plateau : Plateau, coup : Coup) : **Booleen**
- **procédure** copierPlateau (**E** plateauACopier : Plateau, **S** plateauCopie : Plateau)
- **fonction** minMax (plateau : Plateau, couleurRef, couleurCourante : Couleur, profondeurCourante : **Naturel**) : **Entier**
- **fonction** scoreDUnCoup (plateau : Plateau, coup : Coup, couleurRef, couleurCourante : Couleur, profondeurCourante : **Naturel**) : **Entier**
- **fonction** score (plateau : Plateau, couleur : Couleur) : **Entier**
- **fonction** evaluerPlateau (plateau : Plateau, couleur : Couleur) : **Entier**

Troisième partie

Conception détaillée

Chapitre 1

Conception détaillée des TAD

1.1 CD du type « Couleur »

— **Type** Couleur = {blanc, noir}

1.2 CD du type « Pion »

— **Type** Pion = Couleur

1.3 CD du type « Position »

— **Type** Position = **Structure**
 ligne : **Naturel**
 colonne : **Naturel**
finstructure

1.4 CD du type « Plateau »

— **Type** Position = **Structure**
 pions : **Tableau**[1..8][1..8] de Pion
 presencePions : **Tableau**[1..8][1..8] de **Booleen**
finstructure

1.5 CD du type « Coup »

— **Type** Coup = **Structure**
 position : Position
 pion : Pion
finstructure

1.6 CD du type « Coups »

— **Type** Coups = **Structure**
 tabCoups : **Tableau**[1..60] de Coup
 nbCps : **Naturel**
finstructure

Chapitre 2

Conception détaillée des algorithmes compliqués de l'analyse « faireUnePartie »

2.1 La procédure « faireUnePartie »

procédure faireUnePartie (**E** afficher : afficherPlateau, obtenirCoupJoueur1, obtenirCoupJoueur2 : getCoup, **S** joueur : Couleur, estMatchNul : **Booleen**)

Déclaration plateau : Plateau
aPuJouerJoueur1, aPuJouerJoueur2, estFinie : **Booleen**
couleurJoueur1, couleurJoueur2 : Couleur
nbPionsBlancs, nbPionsNoirs : **Naturel**

debut

```
aPuJouerJoueur1 ← VRAI
aPuJouerJoueur2 ← VRAI
couleurJoueur1 ← blanc()
couleurJoueur2 ← noir()
estFinie ← FAUX
nbPionsBlancs ← 2
nbPionsNoirs ← 2
plateau ← initialiserPlateau()
afficher(plateau)
tant que non(estFinie) faire
    jouer(plateau, couleurJoueur1, obtenirCoupJoueur1, aPuJouerJoueur1)
    afficher(plateau)
    finPartie(aPuJouerJoueur1, aPuJouerJoueur2, plateau, estFinie, nbPionsBlancs, nbPionsNoirs)
    jouer(plateau, couleurJoueur2, obtenirCoupJoueur1, aPuJouerJoueur2)
    afficher(plateau)
    finPartie(aPuJouerJoueur1, aPuJouerJoueur2, plateau, estFinie, nbPionsBlancs, nbPionsNoirs)
fin tant que
si nbPionsBlancs = nbPionsNoirs alors
    joueur ← blanc()
    estMatchNul ← VRAI
sinon
    estMatchNul ← FAUX
si nbPionsBlancs > nbPionsNoirs alors
```

```

        joueur ← blanc()
    sinon
        joueur ← noir()
    finsi
fin

```

2.2 La procédure « jouer »

procédure jouer (**E/S** plateau : Plateau, couleurJoueur : Couleur, **E** obtenirCoupJoueur : getCoup, **S** aPuJouer : **Booleen**)

Déclaration i : **Naturel**
 coups : Coups
 joueurCourant : Couleur
 coupJoueur : Coup

```

debut
    coupJoueur ← obtenirCoupJoueur(plateau,couleurJoueur)
    coups ← listeCoupsPossibles(plateau, couleurJoueur)
    pour i ← 1 à nbCoups(coups) faire
        si iemeCoup(coups,i) = coup alors
            jouerCoup(coupJoueur,plateau)
        finsi
    finpour
    aPuJouer ← res
fin

```

2.3 La procédure « jouerCoup »

procédure jouerCoup (**E** coup : Coup, **E/S** plateau : Plateau)

Déclaration i : **NaturelNonNul**

```

debut
    poserPion(plateau, obtenirPositionCoup(coup), obtenirPionCoup(coup))
    pos ← obtenirPositionCoup(coup)
    pionJoueur ← obtenirPionCoup(coup)
    inverserPions(pos, pionJoueur, plateau : Plateau)
fin

```

2.4 La procédure « inverserPions »

procédure inverserPions (**E** pos : Position, pionJoueur : Pion, **E/S** plateau : Plateau)

Déclaration posTmp : Position
 x,y : **Entier**
 i,j : **NaturelNonNul**
 pionPresent : **Booleen**

```

debut
    pour i ← 1 à 3 faire
        x ← i - 2

```

```

    pour j ← 1 à 3 faire
        y ← i - 2
        si non (x = 0) et (y = 0) alors
            posTmp ← pos
            pionEstPresent(pionJoueur, x, y, posTmp, plateau, pionPresent)
            si pionPresent alors
                inverserPionsDir(plateau, pos, posTmp, -x, -y, pionJoueur)
            finsi
        finsi
    finpour
finpour
fin
    
```

2.5 La procédure « inverserPionsDir »

procédure inverserPionsDir (**E/S** plateau : Plateau, **E** posInitiale, posCourante : Position, x, y : **Entier**)
debut
 si non (posInitiale = posCourante) alors
 inverserPion(plateau, posCourante)
 posCourante ← fixerPosition(x+i, y+j)
 inverserPionsDir(plateau, posInitiale, posCourante, x, y)
 finsi
fin

2.6 La procédure « pionEstPresent »

procédure pionEstPresent (**E** pionJoueur : Pion, x, y : **Entier**, **E/S** pos : Position, plateau : Plateau, **S** pionPresent : **Booleen**)
Déclaration i, j : **NaturelNonNul**
debut
 i ← obtenirLigne(pos)
 j ← obtenirColonne(pos)
 si ((x+i)<1) ou ((x+i)>8) ou ((y+j)<1) ou ((y+j)>8) alors
 pionPresent ← FAUX
 sinon
 pos ← fixerPosition(x+i, y+j)
 pionEstPresentRecursif(pionJoueur, x, y, pos, plateau, pionPresent)
 finsi
fin

2.7 La procédure « pionEstPresentRecursif »

procédure pionEstPresentRecursif (**E** pionJoueur : Pion, x, y : **Entier**, **E/S** pos : Position, plateau : Plateau, **S** pionPresent : **Booleen**)
Déclaration i, j : **NaturelNonNul**
 couleurJoueur : Couleur
debut
 i ← obtenirLigne(pos)

```
j ← obtenirColonne(pos)
couleurJoueur ← obtenirCouleurPion(pionJoueur)
si estCaseVide(plateau, pos) alors
    pionPresent ← FAUX
sinon
    si obtenirCouleurPion(obtenirPion(plateau, pos)) = couleurJoueur alors
        pionPresent ← VRAI
    sinon
        si ((x+i)<1) ou ((x+i)>8) ou ((y+j)<1) ou ((y+j)>8) alors
            pionPresent ← FAUX
        sinon
            pos ← fixerPosition(x+i, y+j)
            pionEstPresentRecuratif(pionJoueur, x, y, pos, plateau, pionPresent)
        finsi
    finsi
finsi
fin
```

Chapitre 3

Conception détaillée des algorithmes compliqués de l'analyse « obtenirCoupIA »

3.1 La fonction « obtenirCoupIA »

fonction obtenirCoupIA (plateau : Plateau, couleur : Couleur) : Coup

Déclaration i, profondeurMinMax : **Naturel**
coupsPossibles : Coups
scoreCourant, meilleurScore : **Entier**
coupCourant, meilleurCoup : Coup

debut

profondeurMinMax \leftarrow profondeur()
coupsPossibles \leftarrow listeCoupsPossibles(plateau, couleur)
si nbCoups(coupsPossibles) > 0 **alors**
 meilleurCoup \leftarrow iemeCoup(coupsPossibles, 1)
 meilleurScore \leftarrow scoreDUnCoup(plateau, meilleurCoup, couleur)
 pour i \leftarrow 2 **à** nbCoups(coupsPossibles) **faire**
 coupCourant \leftarrow iemeCoup(coupsPossibles, i)
 scoreCourant \leftarrow scoreDUnCoup(plateau, coupCourant, couleur)
 si scoreCourant > meilleurScore **alors**
 meilleurCoup \leftarrow coupCourant
 meilleurScore \leftarrow scoreCourant

finsi

finpour

finsi

retourner meilleurCoup

fin

3.2 La fonction « scoreDUnCoup »

fonction scoreDUnCoup (plateau : Plateau, coup : Coup, couleurRef, couleurCourante : Couleur, profondeurCourante : **Naturel**) : **Entier**

Déclaration plateauTest : Plateau

debut

```

    plateauTest ← copierPlateau(plateau)
    jouerCoup(coup, plateauTest)
    si plateauRempli(plateauTest) ou profondeurCourante = 0 alors
        retourner score(plateauTest, couleurRef)
    sinon
        retourner minMax(plateauTest, couleurRef, changerCouleur(couleurCourante), profondeurCourante - 1)
    finsi

```

fin

3.3 La fonction « coupValide »

fonction coupValide (plateau : Plateau, coup : Coup) : **Booleen**

Déclaration pos,posTmp : Position
 pionJoueur : Pion
 pionPresent : **Booleen**
 x,y : **Entier**

debut

```

    x ← -1
    pionPresent ← FAUX
    pos ← obtenirPositionCoup(coup)
    pionJoueur ← obtenirPionCoup(coup)
    tant que non(pionPresent) et (x<2) faire
        y ← -1
        tant que non(pionPresent) et (y<2) faire
            si non((x = 0) et (y = 0)) alors
                posTmp ← pos
                pionEstPresent(pionJoueur, x, y, posTmp, plateau, pionPresent)
                si pionPresent alors
                    si (|obtenirLigne(posTmp) - obtenirLigne(pos)|<2) ou (|obtenirColonne(posTmp) - obtenirColonne(pos)|<2) alors
                        pionPresent ← FAUX
                    finsi
                finsi
            finsi
        finsi
        y ← y+1
    fintantque
    x ← x+1
    fintantque
    retourner pionPresent

```

fin

3.4 La fonction « minMax »

fonction minMax (plateau : Plateau, couleurRef, couleurCourante : Couleur, profondeurCourante : **Naturel**) : **Entier**

Déclaration coupsPossibles : Coups
 resultat, score : **Entier**

i : Naturel

debut

coupsPossibles \leftarrow listeCoupsPossibles(plateau, couleurCourante)

si nbCoups(coupsPossibles) > 0 **alors**

resultat \leftarrow scoreDUnCoup(plateau, iemeCoup(coupsPossibles, 1), couleurRef, couleurCourante, profondeurCourante)

pour i \leftarrow 2 **à** nbCoups(coupsPossibles) **faire**

score \leftarrow scoreDUnCoup(plateau, iemeCoup(coupsPossibles, i), couleurRef, couleurCourante, profondeurCourante)

si couleurCourante = couleurRef **alors**

resultat \leftarrow max(resultat, score)

sinon

resultat \leftarrow min(resultat, score)

finsi

finpour

sinon

si couleurCourante = couleurRef **alors**

resultat \leftarrow INFINI

sinon

resultat \leftarrow - INFINI

finsi

finsi

retourner resultat

fin

***Remarque :** On utilise ici une constante « INFINI », qui représentera un score supérieur à tout autre score, c'est-à-dire un coup gagnant.*

Quatrième partie

Développement

Conclusion