

N°d'ordre :
Série :



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Informatique

Option: Synthèse d'images et vie artificielle

Titre :

Evolution Artificielle d'une population de robots humanoïdes

Par :

M^{elle} ZERTAL Soumia

Soutenu le : ... /.../2011

Devant le jury :

Président	Dr Foudil CHERIF	Université de Biskra
Rapporteur	Pr NourEddine DJEDI	Université de Biskra
Examineurs	Dr Med Chaouki BABAHENINI	Université de Biskra
	Dr Zineddine BAARIR	Université de Biskra
	Dr AbdelWahab MOUSSAOUI	Université de Sétif

Remerciements

*Je remercie, avant toute personne, mon encadreur Monsieur le
Professeur **NourEddine DJEDI**,
pour ses précieux conseils et surtout pour sa disponibilité et sa
grande aide.*

*Je remercie, également, Monsieur le Professeur **Yves DUTHEN**
et le Professeur **Jean Pierre JESSEL**,
pour leur accueil au sein de l'IRIT et plus spécialement
Monsieur le Docteur **Cédric SANZA**
et Monsieur le Docteur **Stéphane SANCHEZ**,
qui m'ont bien dirigé et m'ont aidé tout au long de mon premier
séjour au sein de l'équipe **VORTEX** de l'IRIT à Toulouse
(France).*

*Merci à mon père et à ma mère,
pour leur compréhension, leur patience et leur soutien.
Ils ont toujours été à la source de mes succès, pour cela je ne
saurai jamais comment les remercier
À mon frère et à ma sœur.
À toutes mes amies, Et mes camarades de ma promo.*

Soumia ZERTAL

Table de matières

Résumé	1
Abstract	2
ملخص	3
Introduction générale.....	4
Chapitre 1.....	8
1. La simulation comportementale	8
1.1. Introduction:	8
1.2. Modélisation des propriétés des humains virtuels.....	9
1.2.1. La perception.....	9
1.2.2. L'émotion	10
1.2.3. Le comportement.....	10
1.2.4. L'action	29
1.2.5. La Mémoire	30
1.3. Domaines d'application de la simulation comportementale	30
1.3.1. Jeux vidéo.....	30
1.3.2. Films et effets spéciaux	31
1.3.3. Validité ergonomique des sites	31
1.3.4. Mise en situation	32
1.4. Conclusion.....	32
Chapitre 2.....	34
2. Le pathfinding	34
2.1. Introduction	34
2.2. Les divers algorithmes de Pathfinding	36
2.2.1. La solution du fainéant	37
2.2.2. L'algorithme de Dijkstra	37
2.2.3. La recherche du meilleur premier (BFS Breadth First Search).....	38
2.2.4. L'algorithme A*.....	40
2.3. Recherche de chemin	49
2.3.1. Calcul sur les graphes.....	49
2.3.2. Méthodes à champs de potentiel	52
2.4. Conclusion.....	53
Chapitre 3.....	55
Les niveaux de détails et la simulation comportementale:	55
3. Les niveaux de détails	55
3.1. Introduction :	55
3.2. Les niveaux de détails :	56

3.2.1.	La complexité dans une scène statique :	56
3.2.2.	La complexité dans une scène dynamique:	56
3.2.3.	Les types de LODs	57
3.2.4.	Création des niveaux de détails :	59
3.2.5.	Classification:	66
3.2.6.	Transition entre Niveaux de Détails :	73
3.2.7.	Bilan :	73
3.2.8.	Conclusion	74
4.	Intégration de la technique de niveaux de détails dans la simulation comportementale	74
4.1.	Les travaux relatifs	75
4.2.	Conclusion:	79
	Chapitre 4	80
4.	Le modèle proposé	80
4.1.	Introduction	80
4.2.	Les concepts de base	82
4.2.1.	Terminologie	82
4.2.2.	La hiérarchie des localisations	82
4.2.3.	Les objets	83
4.2.4.	La planification et les règles hiérarchiques if-cond-then	84
4.2.5.	La hiérarchie des processus	85
4.2.6.	Niveau de détail comportemental (LOD IA)	86
4.3.	L'architecture proposée	87
4.3.1.	La base de règles	88
4.3.2.	Le séparateur LOD	88
4.3.3.	Le contrôleur de comportement	89
4.3.4.	Le contrôleur d'animation	92
4.3.5.	Le contrôleur géométrique	93
4.4.	L'environnement choisi	94
4.4.1.	Les moteurs physiques	94
4.4.2.	Open Dynamics Engine	94
4.4.3.	Librairies graphiques	99
4.5.	Conclusion	99
	Chapitre 5	101
5.	Implémentation et Résultats:	101
5.1.	Introduction	101
5.2.	Le langage de programmation	101
5.3.	Le moteur physique de l'application	102
5.4.	L'architecture globale de l'implémentation	102
5.4.1.	La base de règles	103
5.4.2.	Le séparateur LOD	104
5.4.3.	Le contrôleur de comportement	105
5.4.4.	Contrôleur de mouvement	106
5.4.5.	Contrôleur géométrique	107
5.5.	Algorithmes utilisés	109
5.5.1.	Structures de données	110
5.5.2.	Fonctions	111
5.5.3.	Exemple d'une simulation sous ODE	113
5.6.	Expérimentations	114
5.6.1.	Mise en œuvre de la simulation	115
5.6.2.	Conditions initiales de l'application	116
5.7.	Résultats obtenus	117

5.7.1.	Cas où le nombre d'humains virtuels est fixé à 03.....	117
5.5.1.	Cas où le nombre d'humains virtuels est fixé à 06.....	119
5.5.2.	Cas où le nombre d'humains virtuels est fixé à 10.....	120
5.6.	Elaboration du test	121
5.6.1.	Cas sans application de la technique de LOD IA	121
5.6.2.	Cas avec application de la technique de LOD IA.....	122
5.6.3.	Evaluation des résultats	123
5.7.	Délimitation des niveaux : choix des distances	124
5.8.	Comparaison avec les travaux antérieurs.....	125
5.9.	Conclusion	128
Conclusion générale		129
Perspectives.....		131
Bibliographie.....		132

Liste de Figures

Figure 1.1 : Structure du modèle comportemental	9
Figure 1.2 : Exemple de plante générée par un L-system.....	12
Figure 1.3 : Opérateurs de « subsumption »	15
Figure 1.4 : Décomposition du contrôle d'un robot mobile en comportements	16
Figure 1.5 : Architecture de subsumption. Le contrôle est décomposé en niveaux de compétence. Un niveau supérieur subsume le rôle des niveaux inférieurs s'il veut prendre le contrôle	16
Figure 1.6: Opérateurs de subsumption. Le temps est noté dans le cercle.....	17
Figure 1.7: Exemple d'architecture de subsumption avec trois niveaux de compétence....	17
Figure 1.8 : Règles de comportement: une nuée d'oiseaux évitant un obstacle.....	18
Figure 1.9 : Comportements primaires des boids.	18
Figure 1.10 : Modèle dynamique masse/ressort d'un poisson de Terzopoulos.....	20
Figure 1.11 : Contrôle comportemental à base de schèmes moteurs.....	21
Figure 1.12 : Exemple d'architecture ascendante de P. MAES	22
Figure 1.13 : Jack dans une Ford Fiesta	24
Figure 1.14 : Ville de Rennes virtuelle peuplée par des agents basés sur l'architecture HPTS.....	27
Figure 1.15 : Sensor Actuator Network.....	29
Figure 2.1 : Le mouvement pour un objet simple.....	35
Figure 2.2 : Le mouvement pour l'évitement des obstacles.....	36
Figure 2.3 : Le jeu de vertices	36
Figure 2.4 : L'algorithme de Dijkstra.....	38
Figure 2.5 : La Recherche premier mieux (BFS).....	39
Figure 2.6 : Dijkstra avec des obstacles concaves.....	39
Figure 2.7 : BFS avec des obstacles concaves.....	40
Figure 2.8 : La recherche graphique dans un secteur	41
sans obstacles due plus cours chemin	41
Figure 2.9 : l'algorithme A* avec un obstacle concave	41
Figure 2.10 : La distance du Manhattan	44

Figure 2.11 : Distance diagonale	44
Figure 2.12 : Distance Euclidienne	45
Figure 2.13 : Liens de casse dans les valeurs de f	46
Figure 2.14 : Graduation cassant lien supplémentaire à heuristique	47
Figure 2.15 : La graduation cassant lien supplémentaire.....	47
heuristique travaille gentiment avec des obstacles	47
Figure 2.16 : Le produit mutuel cassant lien supplémentaire à	48
.heuristique, produit de jolis chemins.....	48
Figure 2.17 : Produit mutuel cassant un lien supplémentaire à.....	48
heuristique avec obstacles (artefact)	48
Figure 2.18 : Exemple de cartes de cheminement générées à partir d'une discrétisation par triangulation de Delaunay contrainte.....	50
Figure 2.19 : Une carte de champ de potentiel, les parties noires représentent les obstacles, les parties plus claires les zones de navigation. Les dégradés de couleurs représentent pour leur part la valeur du potentiel associé au point de l'environnement. Cette image montre six minima locaux caractérisés par des couleurs plus claires.	53
Figure 3.1: Niveaux de détails discrets	57
Figure 3.2 : Niveaux de détails dépendants du point de vue	59
Figure 3.3 : Formes caractéristiques	61
Figure 3.4 : La subdivision adaptative	62
Figure 3.5 : La réduction géométrique	63
Figure 3.6 : L'échantillonnage	64
Figure 3.7 : Techniques de sélection	67
Figure 3.8 : Le niveau de détail en fonction de la distance	69
Figure 3.9 : Les niveaux de détails dégradés en vision périphérique	71
Figure 3.10 : Une conversation normale dans un groupe	76
Figure 3.11 : Un scénario du projet IVE	77
Figure 4.1 : L'humain virtuel.....	82
Figure 4.2 : La hiérarchie des localisations consistant en un monde et deux villes.....	83
Figure 4.3 :La hiérarchie des processus avec leurs valeurs de complexité	85
Figure 4.4.a : La hiérarchie des processus sans les buts	86
Figure 4.4.b : La hiérarchie des processus-objectif, lorsque le processus agit comme une mise en œuvre d'un but.	86
Figure 4.5 : Une vue élevée de l'architecture proposée.....	88
Figure 4.6 : Algorithme général du système.	93
Figure 4.7: Les types de joints	96

Figure 5.1 : Une vue élevée de l'architecture proposée.....	103
Figure 5.2 : Position par rapport à l'œil de l'observateur	104
Figure 5.3 : Définition des niveaux de détails	105
Figure 5.4 : L'architecture HPTS utilisée	106
Figure 5.5: Modèle de l'humain virtuel simulé par ODE à un niveau très précis.....	108
Figure 5.6: Modèle de l'humain virtuel simulé par ODE à un niveau moins précis.....	109
Figure 5.7 :L'environnement simulé avec des tables et des cubes en trois niveaux de détails.....	116
Figure 5.8 :L'environnement simulé avec des humains virtuels en trois niveaux de détails..	116
Figure 5.9. Le début de la construction	118
Figure 5.10 : Les humains virtuels ayant commencé la construction.....	118
Figure 5.11 : Les humains virtuels ayant construit le premier mur.	118
Figure 5.12 : Les humains virtuels ayant terminé la construction	118
Figure 5.13 : Changement de la position de la caméra est effectué, tel que l'humain virtuel, qui était invisible est devenu plus précis.	119
Figure 5.14 : Humains virtuels ayant commencé la construction.....	119
Figure 5.15 : Humains virtuels ayant construit le premier mur.	119
Figure 5.16 : Humains virtuels ayant terminé la construction.....	119
Figure 5.17 : Changement de la position de la caméra est effectué, tel que l'humain virtuel, qui a été invisible est devenu très précis	120
Figure 5.18 : Les humains virtuels ayant commencé la construction.....	120
Figure 5.19 : Les humains virtuels ayant terminé la construction	120
Figure 5.20 : Changement de la position de la caméra est effectué, tel que les trois humains virtuels, qui ont été invisibles sont devenus très précis.....	121
Figure 5.21 : Graphe du temps de calcul et du nombre de polygones (sans l'application de la technique de LOD IA).....	122
Figure 5.22 : Graphe du temps de calcul et du nombre de polygones..... (avec l'application de la technique de LOD IA)	123
Figure 5.23 – Délimitation des niveaux : d1 = 30 et d2 = 60	124

Liste de Tableaux

Tableau 3.1 : Comparaison des différentes approches de LOD IA	78
Tableau 5.1 : Tableau des paramètres de la fonction de déplacement.	107
Tableau 5.2: Paramètres de simulation de l'humain virtuel à un niveau très précis.....	108
Tableau 5.3: Paramètres de simulation de l'humain virtuel à un niveau moins précis....	109
Tableau 5.4 : Tableau des Paramètres de déplacement, s=seconde et l'unité de mesure est le pixel.....	121
Tableau 5.5 : Tableau récapitulatif (la technique de LOD IA a été supprimée)	122
Tableau 5.6 : Tableau récapitulatif (la technique de LOD IA a été utilisée)	122
Tableau 5.7 : Comparaison des différentes approches de LOD IA	126