

Nom de l'étudiant<sup>1</sup> : François RIOUX

Date :

Nom du membre du jury : Dr Marielle Mokhtari

Date :

Signature : \_\_\_\_\_

**JUGEMENT D'ENSEMBLE**

**Ce jugement est définitif.** Il ne pourra être modifié une fois reçu par la Faculté des études supérieures. Veuillez consulter les renseignements à l'intention des membres du jury d'une thèse de doctorat.

**Cochez un des trois jugements :****La thèse est acceptable, j'en recommande la soutenance et je la considère:**

excellente

très  
bonne

bonne

passable

La thèse répond aux objectifs d'une thèse de doctorat. Elle ne comporte pas de déficiences sur le plan scientifique ou dans sa présentation qui en invalident la démarche ou dont la correction nécessiterait la refonte de l'une ou de l'autre de ses parties. *Dans ce cas, le candidat devra apporter à sa thèse, les corrections mineures demandées par les membres du jury, après la soutenance.*

**La thèse ne sera acceptable qu'après révision satisfaisante.**

La thèse requiert des améliorations ou corrections importantes énumérées dans le rapport détaillé. La soutenance est donc recommandée avec réserves. La Faculté des études supérieures, après consultation des membres du jury, pourra imposer au candidat d'apporter des modifications majeures à sa thèse avant la soutenance.

**La thèse est inacceptable.**

La thèse ne répond pas aux exigences d'une thèse de doctorat. Elle comporte des déficiences sur le plan scientifique ou dans sa présentation qui l'invalident totalement; elle ne peut être admise à la soutenance. Une rencontre des membres du jury sera convoquée pour décider des suites à donner. Si le candidat se voit alors accorder un droit de reprise, la thèse sera normalement réévaluée par les mêmes membres du jury.

<sup>1</sup> Dans le présent document, le masculin est employé à titre épique.

## RAPPORT DÉTAILLÉ

### Première section – Valeur scientifique

Originalité du sujet; cohérence dans la structure de la thèse et l'articulation des parties; utilisation correcte de la documentation pertinente; méthodologie appropriée; rigueur dans l'argumentation et le traitement des sources et des données ainsi que dans l'analyse des résultats et leur interprétation; portée et caractère novateur des résultats et des conclusions.

Titre de la thèse - Conception et mise en œuvre de *Multichronia*, un cadre conceptuel de simulation visuelle interactive

L'objectif des travaux de recherche entrepris dans ce travail de doctorat consiste à développer un cadre conceptuel de simulation interactive, appelé *Multichronia* (*Chapitre 3*), soutenu par une représentation (interface) graphique, appelé arbre *multichronique* (*Chapitre 4*). *Multichronia* a pour but d'aider un usager à progresser dans sa compréhension d'un système complexe / d'une situation complexe (*Chapitre 1*, *Chapitre 6*). Ce cadre conceptuel est organisé autour de quatre boucles interactives permettant l'exploration de l'espace des simulations, de l'espace des paramètres, de l'espace des données et aussi de l'espace visuel (*Chapitre 3*). Ces espaces sont générés / mis à jour par l'activation d'unités de transformation par lesquelles transitent le pipeline des données (*Chapitre 5*).

Le *Chapitre 1* démarre par une mise en bouche pour le lecteur, il se veut une introduction aux trois objectifs principaux fixés par l'auteur au début de ses travaux, soit concevoir l'architecture d'un environnement de simulation interactive permettant d'étudier des contextes divers et variés, de développer l'interface graphique soutenant cette architecture et enfin d'exercer cette architecture selon une ou des application(s) concrète(s). Après cette mise en bouche, l'auteur présente les divers problèmes abordés dans cette thèse, reliés aux trois objectifs, mais aussi ceux non-abordés mais qu'il serait intéressant de considérer dans un avenir proche ou pour une extension des travaux - une partie aurait pu être transférée dans la conclusion. Enfin, l'auteur liste les diverses contributions et résultats que cette thèse a générés.

Page 1 – L'auteur écrit « Les systèmes construits par les humains ont jadis été très simples, mais sont désormais compliqués ». À ce stade, quelle distinction doit-on faire entre les termes « compliqué » et « complexe » ou quelle distinction l'auteur fait-il puisque quelques lignes plus bas dans le texte, il fait référence aux systèmes complexes, et ce sans transition? À quel moment, les systèmes sont-ils passés de « compliqués » à « complexes », comment et pourquoi? Une partie de l'explication est fournie à partir de la page 11 mais cela rend confus la lecture à cette étape.

Page 1 – L'auteur mentionne qu'un « DoE spécifie un sous-ensemble de l'espace des paramètres ... », de quelle manière est choisi ce sous-ensemble, est-ce toujours de la même façon ou existe-t-il des méthodes distinctes, particulières?

Page 3 – L'auteur écrit « Finalement, le logiciel développé devra laisser à ses utilisateurs une liberté totale quant à la configuration des différentes facettes des contextes d'exploitation. » Cette phrase est ambiguë, quelques explications seraient les bienvenues.

Page 6 – Remarque – Le nom donné par l'auteur au cadre conceptuel développé, soit *Multichronia*, fait référence aux termes *plusieurs* et *temps* mais en lisant la thèse, on peut se demander si ce sont vraiment les bons termes à employer pour représenter le cadre conceptuel développé puisque le *temps* n'est qu'un axe de référence parmi tant d'autres, un axe de référence important j'en conviens, mais non unique et le terme *plusieurs* fait référence non pas aux axes de référence mais plutôt au fait que l'usager a accès à un ensemble de simulations qui peuvent être démarrées simultanément ou

à des temps différents? À moins que je me trompe sur toute la ligne. Enfin, une réflexion s'impose... car le nom n'est pas vraiment expliqué clairement. Un acronyme serait sans-doute plus adéquat.

Page 7 – Suggestion à l'auteur – Dans la *Section 1.6* dédiée aux résultats, faire référence à l'article suivant :

M. LIZOTTE, Dr D. POUSSART, Dr F. BERNIER, Dr M. MOKHTARI, É. BOIVIN, and Dr M. DUCHARME, *IMAGE: Simulation for Understanding Complex Situations and Increasing Future Force Agility*, in Proc. of Army Science Conference 2008, Orlando (FL), USA, December 1-4, 2008.

Le *Chapitre 2* correspond à la revue de littérature effectuée par l'auteur sur les deux éléments clés autour desquels cette thèse évolue, premièrement les systèmes complexes (les spécificités qui les caractérisent / leurs caractéristiques propres, le comportement de l'humain face à eux et leur modélisation) et deuxièmement la simulation au sens large / en général, et la simulation interactive en particulier. La fin du chapitre est une introduction au cadre conceptuel proposé dans cette thèse afin de répondre à plusieurs lacunes existantes chez les « concurrents » mentionnés dans la revue. Le chapitre est quelque peu déséquilibré puisque l'auteur s'attarde peu sur les systèmes complexes / la complexité, 3 pages et demi pour l'aspect système complexe versus 23 pages pour l'aspect simulation. La revue de littérature aurait pu être « plus sexy » en intégrant des exemples d'utilisation / d'application des divers systèmes / environnements cités.

Page 21 – Second paragraphe relié aux hypercubes latins presque orthogonaux – Faire référence à l'article suivant :

F.-M. De RAINVILLE, C. GAGNÉ, O. TEYTAUD and D. LAURENDEAU, *Optimizing Low-Discrepancy Sequences with an Evolutionary Algorithm*, in Proc. of Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 8-12, Montréal, Canada, 2009.

Le *Chapitre 3* présente le cadre conceptuel *Multichronia* développé durant cette thèse. L'auteur ne perd pas de temps en palabres inutiles et rentre directement dans le vif du sujet en décrivant ce cadre conceptuel en détails. *Multichronia* se résume / s'explique très bien par la *Figure 3.2*. *Multichronia* possède quatre boucles d'interaction que l'humain, élément central, peut exploiter à sa guise: les deux plus approfondies par l'auteur dans cette thèse sont l'exploration de l'espace des paramètres et l'exploration de l'espace des simulations, l'auteur ne mettant que peu d'emphase sur les deux autres boucles, celles permettant l'exploration de l'espace des données et l'exploration de l'espace visuel (la visualisation étant dissociée de la simulation). Les quatre unités de transformation permettant le maniement des diverses données (pipeline de données) composant les espaces d'exploration mentionnés précédemment sont également détaillées. Le *Chapitre 2* établissait le manque, le peu de développement dans le domaine et ce chapitre semble apporter une solution à un grand nombre des problèmes énoncés au chapitre précédent. Mais en même temps, il est servi froidement au lecteur. Ce dernier est mis devant le fait accompli sans être accompagné dans le cheminement du développement d'un nouveau cadre conceptuel.

Page 42 – L'auteur écrit « La justification de placer l'emphase sur l'interaction de l'utilisateur et des exécutions de simulation réside dans le fait que peu de travaux ont été réalisés en ce sens et se prête bien à des contributions originales. ». Ceci me semble une « drôle » de justification, peut-être un peu simple, doit-on s'impliquer dans quelque chose parce que cela risque d'être tendance ou autre ... La phrase est maladroit.

Le *Chapitre 4* est entièrement dédié à l'*arbre multichronique* (là encore, est-ce le bon terme ou la

bonne combinaison de termes, *multi* pour plusieurs mais *chronique* pour ...) qui correspond à l'interface graphique soutenant le cadre conceptuel *Multichronia*, il permet principalement à l'utilisateur d'explorer non seulement l'espace des paramètres de simulation mais aussi l'espace des simulations elles-mêmes. Tout d'abord, l'auteur passe en revue les principales interfaces de contrôle de simulation ayant été développées au cours des 15 dernières années et ayant un quelconque intérêt pour les travaux de cette thèse : de GRASPARC (1993) à l'arbre d'expérience (2007), quatre en tout et pour tout. Cet historique est court mais il nous permet de réaliser du peu de travail « intéressant » réalisé dans ce domaine et aussi du fait que la représentation en arbre est celle qui semble se prêter le mieux à l'exploration d'un modèle de simulation. Par la suite, l'auteur détaille l'arbre développé pour soutenir *Multichronia* en termes de fonctionnalités / d'opérations supportées, le portefeuille proposé étant plus large que pour les interfaces présentées dans la revue. Cette description inclut aussi bien les opérations implémentées que celles non-implémentées mais qui pourraient être un atout ultérieurement. Enfin, l'intégration de l'arbre *multichronique* à *Multichronia* est expliquée et les contraintes imposées par l'arbre sur le choix d'un simulateur sont énoncées (certains aspects seront repris dans le *Chapitre 7*). Question – De quelle manière l'arbre *multichronique* est-il validé pour rencontrer les principes liés aux interfaces homme-machine?

Page 51 – Dans l'arbre d'historique de simulation de GRASPARC, les branches verticales de l'arbre semblent être des instances de simulation, mais que signifient les branches horizontales?

Page 56 – Dans le tableau 4.1, quatre interfaces d'exploration sont comparées en termes de fonctionnalités disponibles / offertes, l'interface de la dernière colonne du tableau est appelée « arbre de configuration », j'imagine que ce synonyme équivaut à « arbre d'expérience ».

Page 60 – L'opération « Varier un paramètre de manière continue » possède une signification qui m'échappe...

Le *Chapitre 5* est entièrement dédié au pipeline de données établi pour le cadre conceptuel *Multichronia*, les données transitent d'unité de transformation en unité de transformation par les ports d'entrée et de sortie dédiés les rendant ainsi indépendantes les unes par rapport aux autres. C'est sans doute le chapitre le plus « technique » car nous pénétrons profondément au sein de *Multichronia*. En premier lieu, l'auteur effectue une revue très succincte de la modélisation d'un pipeline de données mais adéquate dans les circonstances, puis par la suite, il présente le modèle de données conceptuel défini pour *Multichronia*, dont la caractéristique principale est son indépendance face à la technologie utilisée pour l'implémenter. Enfin, la dernière partie du chapitre est consacré à l'implémentation de ce pipeline en format XML.

Le *Chapitre 6* présente en détail les « deux scénarios » d'expérimentation qui ont été développés dans le cadre du projet IMAGE en cours à RDDC Valcartier. Ces deux scénarios sont très liés, ils font référence à la même problématique mais ne la regarde pas selon le même point de vue, l'un est très tactique (voir et comprendre de quelle manière les acteurs d'une mission réagissent sur le terrain lors d'événements imprévus) alors que l'autre est plus stratégique (voir et comprendre de quelle manière une mission peut être menée à bien et réussie en tenant compte des paramètres cruciaux incluant les paramètres liés à la force ennemie, dans ce cas-là on parle de coévolution). L'auteur démarre le chapitre en présentant la problématique en tant que telle, puis détaille la modélisation du scénario « tactique », poursuit par celle du scénario « stratégique », et enfin entretient le lecteur du rôle de l'utilisateur de *Multichronia* dans ce contexte. Ces scénarios doivent permettre de valider / d'expérimenter le cadre conceptuel *Multichronia*. Je pense que le travail aurait mérité d'être exploité sur au moins deux avenues très différentes (deux systèmes / situations complexes distincts) afin de valider sa véracité / son bien-fondé à supporter plusieurs types d'études



facilement et rapidement.

Page 86 – Qu'est-ce qu'une « modélisation stratégique »? Je pense que l'expression prête à confusion. De la même manière, nous retrouvons plus loin dans le texte (page 88) l'expression « modélisation tactique » qui elle aussi me semble inappropriée.

Le *Chapitre 7*, dernier chapitre de cette thèse, débute par la présentation de l'architecture du cadre conceptuel *Multichronia*. Cette première partie, un tant soit peu rébarbative à lire, qui donne moult détails sur les principaux paquetages logiciels formant l'architecture de *Multichronia*, peut être qualifiée de « technique », de la même manière que le *Chapitre 5*. Nous voyageons au cœur de l'architecture, peut-être dans le trop « microscopique », le principal de l'architecture aurait pu se retrouver dans ce chapitre et le reste, les « détails » dans une annexe. Dans la seconde partie de ce chapitre, l'auteur décrit l'implantation, en JAVA™, du cadre conceptuel *Multichronia*. Cette partie est plus intéressante car elle permet de situer, de relier entre elles toutes les parties constituantes, incluant l'arbre *multichronique*. La *Section 7.2.3* dédiée aux fonctionnalités additionnelles permet d'entrevoir le futur pour *Multichronia* quoique la sauvegarde des données de simulation dans une base de données SQL existe déjà. Enfin, la dernière partie du chapitre est consacrée à la mise en application de *Multichronia* dans le contexte d'attaque de convoi (des points de vue tactique et stratégique). Cette partie permet au lecteur d'en savoir plus sur les simulateurs utilisés, les modifications apportées pour leur exploitation par *Multichronia*, leur exploitation dans l'arbre *multichronique*. Les figures intégrées dans cette partie (de 7.14 à 7.17) sont très intéressantes pour la compréhension.

Page 119 – L'auteur écrit « Des résultats qualitatifs préliminaires montrent que certains utilisateurs préfèrent le *Space Pilot* à la souris pour le contrôle de l'arbre *multichronique*. », dans quelle circonstance ces tests ont-ils été faits, sur quelle population...?

La conclusion (*Chapitre 8*), est un résumé de ce qui a été démontré dans cette thèse en termes d'objectifs, des limitations imposées et des perspectives possibles.

## Deuxième section – Qualité de la présentation

Précision et clarté du style; correction de la langue (s'il y a lieu, portez en annexe la liste des incorrections de langue et des erreurs typographiques); qualité des illustrations et tableaux; références bibliographiques.

Le travail présenté par l'auteur est un excellent travail. La thèse est très bien écrite, assez facile à lire, parfois un peu technique (le *Chapitre 5* et le début du *Chapitre 7* se distinguent des autres dans ce sens) mais cela démontre que l'auteur connaît et maîtrise en profondeur son sujet.

Je suggère à l'auteur de centrer les figures.

Correction de la langue (corrections grammaticale et typographique) : la copie de la thèse annotée a été remise à l'étudiant.

## Troisième section – Commentaires généraux

Retournez le rapport complété  
sous forme électronique à :

[fes@fes.ulaval.ca](mailto:fes@fes.ulaval.ca) (l'adresse d'origine du courriel fait alors foi de  
signature).

ou en version imprimée et  
signée à :

**Faculté des études supérieures**  
Pavillon Jean-Charles-Bonenfant  
2345, allée des Bibliothèques  
Université Laval,  
Québec (Québec) G1V 0A6,  
CANADA  
Télécopieur : 418 656-3691