



Application vidéoludique temps réel pour Tabletop

Jonathan Chaboissier

► To cite this version:

Jonathan Chaboissier. Application vidéoludique temps réel pour Tabletop. Interface homme-machine [cs.HC]. 2008. dumas-00350015

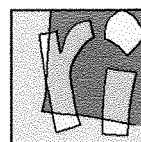
HAL Id: dumas-00350015

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00350015>

Submitted on 5 Jan 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



STAGE DE MASTER 2 RECHERCHE EN INFORMATIQUE

Application vidéoludique temps réel pour Tabletop

<i>Auteur</i>	<i>Encadrant</i>
Jonathan CHABOISSIER	Frédéric VERNIER

Organisme d'accueil :
LIMS-CNRS

Secrétariat - tél : 01 69 15 75 18 Fax : 01 69 15 42 72
courrier électronique : Jacques.Laurent@lri.fr
12 mars – 11 septembre 2008

Table des matières

Résumé	3
1. Introduction	4
1.1. Les tabletops	4
1.2. Le Jeu vidéo	5
1.3. Tabletop et jeu	5
1.4. Objectif du stage	5
2. Etat de l'art	7
2.1. Tabletop	7
2.2. Application vidéoludique sur tabletop	7
2.3. Résumé des travaux existants	8
3. Sujet de recherche	9
3.1. Hypothèses et problématiques	9
3.2. Objectifs et possibilités techniques	9
4. Le projet <i>RealTimeChess</i> (RTC)	10
4.1. Un jeu inspiré des Échecs	10
4.2. Conception de l'application	10
4.2.1. Modèle	11
4.2.2. Interactions	12
4.2.3. Interface	13
4.3. Description technique	14
4.4. Modes de jeu	14
5. Expérimentations	16
5.1. Protocole d'expérimentation	16
5.1.1. Déroulement de l'expérience	16
5.1.2. Utilisateurs	17
5.2. Observations	17
5.2.1. Hypothèses initiales	17
5.2.2. Autres observations	20
5.3. Interviews	22
6. Conclusion	23
6.1. Bilan	23
6.2. Perspectives	23
7. Remerciements	24
8. Bibliographie	25
8.1. Résumés de conférences et de workshop	25
8.2. Articles	25

Résumé

Le but des travaux en Interaction Homme Machine présentés dans ce rapport est d'étudier l'adéquation des applications vidéoludiques sur une table interactive *multitouch* multiutilisateurs (*tabletop*).

La démarche adoptée est d'étudier dans un premier temps les travaux existants dans la communauté en matière d'application vidéoludique pour *tabletop*, puis de choisir un type d'application original susceptible de soulever des problèmes observables (gênes, communication, rythme et attention), de développer un démonstrateur et de mener différentes expérimentations ayant comme objectifs d'une part l'observation du comportement des utilisateurs entre eux mais aussi de la qualité de leurs interactions avec le système, en fonction de différents paramètres ; et d'autre part de concevoir des techniques d'interaction et des feedbacks visuels adaptés à ce type d'application.

Dans ce rapport de stage de Master Recherche, nous donnons dans un premier temps un état de l'art des jeux expérimentaux développés pour *tabletop* pour mettre en évidence ce qui n'a pas été exploré à ce jour et justifier le choix d'un jeu de stratégie temps réel pour plusieurs utilisateurs. Nous élaborons ensuite une liste d'hypothèses et cherchons quelles observations sont nécessaires pour les valider. Nous présentons le logiciel *RealTimeChess*, inspiré des Echecs, conçu pour 2 à 4 joueurs simultanément. Enfin, nous décrivons le protocole et les résultats de nos expérimentations, les hypothèses validées, invalidées ou restant sans réponse, et abordons les nouveaux problèmes soulevés par nos observations.

Ce stage de Master Recherche en informatique est le point de départ de travaux qui se poursuivront en thèse au sein du LIMSI-CNRS.

Mots clés: *tabletop*, jeu vidéo, interaction sociale, application collaborative et compétitive

1. Introduction

La recherche en interaction homme machine (IHM) s'intéresse à la manière dont un humain interagit avec un ordinateur, mais aussi à comment plusieurs hommes interagissent entre à l'aide d'ordinateurs.

Les premiers écrans tactiles ont été développés au cours de la seconde partie des années 60s. Sur ces dispositifs, les interactions s'effectuent directement au doigt et à la main ou bien par l'intermédiaire d'objets (interfaces tangible). De nombreuses études de recherche ont montré leurs avantages en terme d'interactions homme machine.

Depuis le début des années 2000, les récentes avancées de la recherche en informatique et en électronique ont permis le développement de tables interactives (ou *Tabletops*). Le succès des récentes technologies *multitouch* (nouveaux téléphones, PDA, etc.) à l'image de l'*iPhone* crédibilise l'avenir de tables interactives comme outil de travail autant que moyen de divertissement pour les particuliers.

1.1. Les tabletops

Une tabletop est un dispositif destiné principalement à des tâches collaboratives, faisant intervenir plusieurs utilisateurs autour d'une « table augmentée ». Les domaines d'application sont variés, mais on peut imaginer des applications de manipulation de cartes ou données géographiques, des systèmes de gestion de trafics aérien et naval, des outils informatiques de gestion de crises, des logiciels de création collaborative temps réel (musique) ou non (graphisme, architecture).

De nombreux acteurs participent à cette expansion. Par exemple, Microsoft a annoncé une table interactive appelée *Surface* pour 2009 et adapte la prochaine version de son système d'exploitation Windows aux interactions possibles sur table ou écran tactiles.



Figure 1 – Manipulation d'images sur *Microsoft Surface*

Techniquement, une tabletop fait office de périphérique d'entrées, remplaçant la souris et le clavier d'un ordinateur, et de sortie. Certaines tabletop intègrent leur propre technologie d'affichage, mais la plupart fonctionnent avec un vidéoprojecteur placé au dessus.

Il existe en outre plusieurs types de tables interactives, et chaque dispositif expérimental ne dispose pas des mêmes possibilités en entrée. Certains peuvent capter la position d'objets, d'autres de doigts; la plupart sont capables de détecter plusieurs entrées simultanément. Enfin, il en existe qui peuvent identifier l'auteur des touches.

L'équipe AMI dans laquelle a été effectué ce stage possède une table *DiamondTouch*, développée par le MERL (Mitsubishi Electric Research Laboratories). Cette table a justement la particularité de pouvoir détecter sur sa surface plusieurs contacts en même temps, et d'identifier l'auteur de chaque contact (pour un maximum de quatre utilisateurs) grâce à un système capacitif.

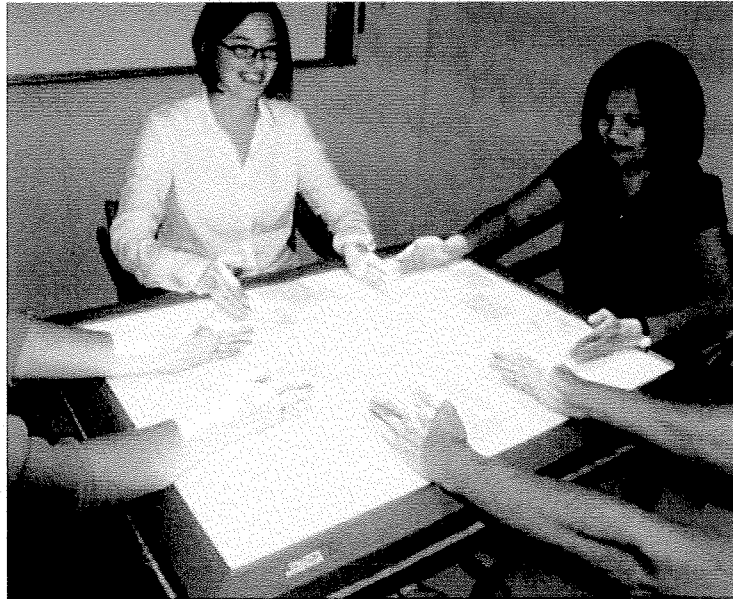


Figure 2 - Quatre utilisateurs en simultané sur la DiamondTouch

1.2. Le Jeu vidéo

Les jeux sont une part importante de l'économie informatique et une activité humaine très ancienne. Depuis des centaines d'années, les jeux ont contribué à l'amusement, à la relaxation et à l'éducation.

De nos jours, il existe une multitude de formes de jeux : les classiques (jeux de cartes, de plateau, de stratégie, de société), les jeux de rôles (sur table ou grande nature) et les jeux vidéo (multi-joueurs ou non). Les jeux sur table semblent indémodables car ils sont moteurs d'interactions sociales riches et plaisantes.

L'industrie du jeu vidéo est une économie importante et de plus, comme l'atteste le succès de la *Nintendo Wii*, le public est vivement intéressé par les nouveaux types d'interactions vidéoludiques. L'autre tendance est au développement de jeux multi-joueurs en ligne, rassemblant les joueurs par milliers (Exemple de succès récent : *World of Warcraft*), ce qui souligne l'attrait du public pour des jeux ayant une dimension sociale.

1.3. Tabletop et jeu

La forte tradition des jeux à jouer sur table et les progrès récents des nouvelles technologies nous persuadent que les jeux sur table interactive ont un avenir prometteur : à la fois parce que une grande variété de jeux peut voir le jour, mais aussi parce que les joueurs seront intéressés par les interactions sociales et l'originalité des produits.

Un jeu vidéo est généralement une application à haut niveau d'interactivité. Dans le cas d'un jeu sur table pour plusieurs personnes, les problèmes d'interactions avec le dispositif se mêlent aux problèmes d'interactions entre les utilisateurs. Les jeux qui seront développés dans le futur à l'attention du grand public se baseront sur les mécanismes classiques de jeu sur table (jeu au tour par tour par exemple) ou bien en créeront de nouveaux, mais devront d'une part s'assurer que les tâches cognitives des utilisateurs ne sont pas trop contraignantes et d'autre part que les techniques d'interactions soient simples et efficaces.

1.4. Objectif du stage

En recherche en IHM, la conception d'un démonstrateur sous forme d'application vidéoludique a de nombreux avantages :

- Inventer une application originale sur un dispositif existant et le repousser dans ses retranchements technologiques
- Créer et tester de nouvelles techniques d'interaction

- Lors des expérimentations, le caractère ludique des tâches à effectuer, la dimension de compétition entre les joueurs, détend les utilisateurs. Leur comportement est naturel et désinhibé.

Le but de ce stage de Master de recherche était (1) d'établir un état de l'art des travaux existants sur les applications vidéoludiques pour Tabletop, (2) de concevoir un démonstrateur logiciel vidéoludique, excellent moyen d'exploration des possibilités des tables interactives en termes de techniques d'interactions et échange social, et (3) de soulever enfin de nouveaux problèmes d'IHM.

Ce rapport présentera dans un premier temps les travaux reliés à la conception d'applications vidéoludiques sur tabletop, puis exposera les hypothèses et problèmes de ce sujet de recherche, il présentera ensuite le projet *RealTimeChess* avant de rapporter les résultats des nombreuses expériences qui ont été réalisées au sein du LIMSI-CNRS.

2. Etat de l'art

En 1971, il existait déjà plusieurs techniques d'interaction, bien que les dispositifs ne puissent capter d'un contact à la fois sans distinguer la pression. Les premiers dispositifs *multitouch* ont quant à eux été réalisés au début des années 80s. A partir de 1991 commencent la recherche de technologies permettant de créer des écrans LCD tactiles. Les dispositifs de détection vont progressivement s'améliorer, augmentant la précision et la variété des signaux interprétés, permettant un plus large vocabulaire d'interaction avec les surfaces tactiles : doigts, stylos, formes de mains, etc.

Les principaux travaux de recherche sur les tabletops datent essentiellement des dix dernières années, bien que les premiers systèmes d'interfaces tactiles aient été expérimentés dans les années 80s. Mon stage master recherche a commencé par un état de l'art de la recherche sur les tabletops et sur leurs applications vidéoludiques existantes.

2.1. Tabletop

Les travaux existants sur les tabletop sont variés et j'ai dans premier temps étudié plusieurs articles décrivant les comportements des utilisateurs autour d'une table, proposant des techniques d'interaction bi manuelles possibles, ou encore des règles d'organisation et de présentation des informations sur une tabletop.

2.2. Application vidéoludique sur tabletop

Depuis quelques années seulement, plusieurs équipes de recherche ont exploré la création ou l'adaptation de jeux pour tabletops. Les chercheurs s'accordent pour dire que l'interaction sociale entre les joueurs est l'objectif premier des jeux sur Tabletop. Les jeux classiques de plateau ont comme points forts d'être très interactifs, permettent à plusieurs personnes de jouer, sont mobiles, flexibles au point de générer des "règles maisons" et par dessus tout encouragent les interactions entre les gens plutôt que de l'interaction entre l'utilisateur et le jeu. De l'autre côté, les jeux vidéo proposent des simulations complexes, des environnements qui évoluent, un arbitrage impartial, une fonction de sauvegarde de l'état d'une partie et enfin les jeux vidéo utilisent différentes techniques pour immerger le joueur dans l'univers du jeu (graphismes/animations/sons).

En combinant les avantages de ces deux familles, une nouvelle classe hybride et prometteuse de jeu peut être créée.

Les premières études ont consisté à porter des jeux de société connus sur Tabletop pour en faire des versions augmentées grâce à l'informatique. Par exemple, la plate-forme STARS propose un Monopoly sur tabletop, basé sur des interactions multimodales : interface tangible (avec des pions) pour garder la dimension tactile et « fétichiste » de la version plateau du jeu, mais aussi avec des micros et un système de reconnaissance de la parole. Par ailleurs, le système s'interface aussi avec des PDAs, ce qui permet aux joueurs de communiquer entre eux de manière privée. La nouvelle forme du jeu et des interactions « informatisées » font évoluer le jeu mais ne le révolutionne pas.

En dehors des portages de jeux de plateau connus tels que le Monopoly, d'autres travaux ont consisté à développer des interfaces sur tabletop pour des jeux de rôles afin de soulager les rôlistes de certaines tâches inhérentes aux parties telles que les calculs de probabilités à partir de lancés de dés, la gestion de l'état des personnages et de l'environnement, etc. La table affiche un plan des donjons visités et est considérée comme un support informatique favorisant l'immersion, mais doit pouvoir s'effacer pour laisser les joueurs communiquer entre eux.

Les travaux évoqués ci-dessous ont le point commun d'étudier des jeux se jouant au tour par tour. A aucun moment les utilisateurs se retrouvent confronter les uns aux autres en temps réel sur le même espace.

Une équipe de *Philips Research* a travaillé sur la création d'une tabletop exclusivement dédiée aux jeux vidéo nommée *Entertaible*. Celle-ci est capable de détecter des doigts et des objets sur sa surface. Plusieurs jeux ont été développés pour cette plate-forme, dont un jeu de rôle, et quelques applications en temps réel. Toutefois, la technologie employée ne permet pas de détecter l'auteur des interactions.

Enfin, Edward Tse a conçu une interface logicielle entre la table DiamondTouch et le très populaire jeu de stratégie temps réel *Warcraft III* permettant de contrôler les unités militaires à partir de gestes manuels et de commandes orales. Les techniques d'interaction multimodales qu'il propose ont l'avantage d'être intuitive et faciles à apprendre, et favorisent aussi l'écoute entre les différents collaborateurs, puisque les commandes orales correspondent aux ordres donnés au jeu, et les gestes aux ciblage sur la carte. Toutefois, ces techniques ralentissent considérablement le rythme du jeu et ne permettent pas à l'utilisateur d'être aussi réactif qu'avec une souris et un clavier.



Figure 3 - Travaux d'Edward Tse et son équipe

2.3. Résumé des travaux existants

En résumé, les voies déjà explorées sont :

- Les jeux de plateau augmentés
- Des systèmes favorisant l'immersion des joueurs de jeux de rôles
- Des interactions gestuelles/orales pour des jeux de stratégie

En contrepartie, les jeux ayant un rythme d'exécution rapide et réunissant autour de la même table plusieurs utilisateurs n'ont pas été abordés. Pourtant, il existe de nombreux jeux (sur PC/console aussi bien que sur table avec des cartes) qui fonctionnent en temps réel et dans lesquels les joueurs interagissent en même temps, en collaboration ou en compétition. Et de plus, c'est un sujet d'étude très intéressant car la notion de rythme est centrale dans un système tabletop. En effet, dans des applications de travail collaboratif, c'est le groupe qui impose le rythme et la dynamique et non un utilisateur en particulier. Dans un jeu à plusieurs, on retrouve le même phénomène : les joueurs peuvent décider d'interagir lentement, d'attendre les débutants, ou au contraire chercher à prendre le dessus sur les adversaires en jouant le rapidement possible.

Les tabletops sont le support idéal d'applications de gestion de crises, d'organisation d'interventions sur le terrain, de part leur configuration horizontale parfaitement adaptée à des vues géographiques. En considérant ces éventuelles applications et constatant le manque de recherche sur les problèmes que peut poser un logiciel temps réel multiutilisateurs sur tabletop, nous avons donc décidé de développer un jeu de stratégie en temps réel (ce qui signifie que tous les joueurs jouent en même temps et non chacun à leur tour) pour deux ou quatre joueurs.

3. Sujet de recherche

3.1. Hypothèses et problématiques

Avant même de concevoir le démonstrateur servant à étudier notre domaine, nous avons formulé une série d'hypothèses sur les interactions des joueurs entre eux et avec la tabletop. Concernant l'aspect social du jeu :

- Les joueurs vont s'observer durant la partie pour anticiper les réactions des adversaires et peut-être essayer de bluffer
- Les joueurs de la même équipe vont profiter de leur proximité pour discuter de stratégies à suivre

D'autres hypothèses touchaient l'interaction entre l'utilisateur et le système :

- Devoir interagir rapidement avec une application en temps réel est stimulant
- Les joueurs vont intuitivement essayer d'interagir le plus naturellement possible avec le jeu, ce qui peut nous suggérer de nouvelles techniques interactions confortables et efficaces
- L'attention des joueurs sera très sollicitée
- Chaque joueur possède naturellement son propre rythme et doit s'adapter avec plus ou moins de facilité à celui du groupe

D'autre part, ce travail suivant une démarche exploratoire, nous avons déjà pensé à des problèmes intéressants :

- Comment va se partager le même espace de jeu entre les utilisateurs ? Va-t-on assister à des phénomènes de gênes physiques ou d'occlusion ?
- De même, est-ce que la distance physique réelle entre le joueur et sa zone d'action sur la table nuit-elle à sa réactivité ? Les joueurs vont-ils favoriser le jeu dans les zones proches d'eux ?
- Le comportement des joueurs évolue-t-il en fonction de leur expérience ?
- Comment organiser les retours d'informations visuels (feedbacks) du système lorsqu'il y a plus de deux utilisateurs agissant en parallèle sur le même plateau de jeu ?

3.2. Objectifs et possibilités techniques

Le but du développement de cette application multi-joueur temps réel est d'explorer une nouvelle possibilité des tabletop s'apparentant aux futures applications que l'on trouvera sur ce support. Le démonstrateur devrait proposer différents types de parties, pour confronter les utilisateurs à divers contextes de collaboration et de compétition. Après la phase de développement, notre démarche consiste à faire essayer le jeu par différents utilisateurs et d'observer leurs réactions, leurs difficultés et de relever leurs impressions.

En ce sens, il nous faudrait un jeu de stratégie dont les règles et les mécanismes seraient aisément paramétrables pour faire de multiples expériences à partir d'un même logiciel.

L'équipe AMI du LIMSI dans laquelle ce travail s'est effectué dispose d'une tabletop DiamondTouch. Celle-ci peut détecter des doigts mais aussi des formes de main (points, paume de la main, tranche de la main, etc.) et identifier l'auteur du touché jusqu'à quatre utilisateurs grâce à un système de conduction capacitif. Elle se connecte à un ordinateur avec un câble USB et l'image affichée sur sa surface provient d'un vidéoprojecteur placé au dessus de la table.

Un driver a été développé pour pouvoir récupérer les événements élémentaires (position du doigts et identifiant de l'auteur) en Java à la manière des *MouseEvent* et *MouseListener* de Java.

4. Le projet *RealTimeChess* (RTC)

4.1. Un jeu inspiré des Échecs

Dans l'optique de créer un jeu sollicitant la réactivité d'au moins deux joueurs simultanément avec des interactions manuelles simples, nous avons eu l'idée de développer un jeu de stratégie en temps réel basé sur les éléments bien connus des Echecs.

La modification fondamentale apportée au jeu d'Échecs classique est la possibilité pour les joueurs de déplacer leurs pièces quand ils le désirent, sans avoir à attendre leur tour. Toutefois, un jeu d'échec en temps réel n'a pas d'intérêt s'il n'est pas modéré, car n'importe quel joueur peut par exemple exterminer toutes les pièces adverses avec sa reine en supposant qu'il la déplace assez vite. Afin de modérer le rythme du jeu, les pièces qui viennent de se déplacer sont immobiles quelques secondes, le temps de se recharger. Avec ce concept de temps de rechargement par pièce, nous avons créé un jeu d'Échecs augmenté qui ne peut être géré que par ordinateur. De plus, les temps de chargement étant paramétrable, cela permet de contrôler le rythme des parties.

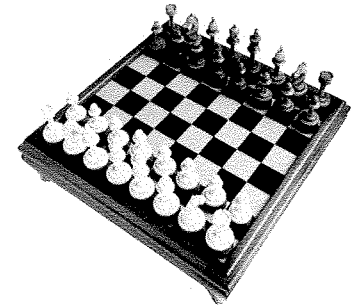


Figure 4 Un plateau d'échecs

Par ailleurs, comme l'ordinateur doit permettre d'améliorer l'expérience de jeu, nous avons intégré d'autres caractéristiques aux pièces pour enrichir et diversifier les parties de jeu. Par exemple, les pièces se fatiguent quand elle se déplacent trop et sont plus lentes à se recharger, ou bien gagnent en expérience et en fonctionnalités au fur et à mesure de la partie et des pièces adverses mangées.

Le choix de ce pseudo jeu d'échecs se justifie car le but de ce stage n'était pas de développer un nouveau jeu capable de concurrencer l'existant, mais de partir d'une base connue, répandue et facile à programmer et se consacrer aux problèmes d'interactions et aux observations. En réalité, seuls les mouvements et l'apparence générale d'un jeu d'échecs ont été conservées ; les règles, l'échiquier et les pièces sont modifiables.

4.2. Conception de l'application

Les spécifications du programme RTC ont évolué au cours du temps. Pour faciliter les modifications, les améliorations et le portage du logiciel (plusieurs méthodes d'affichage, compatibilité futur avec d'autres tabletops, etc.), un soin particulier a été apporté au modèle de l'application.

L'architecture générale s'appuie sur le schéma classique Modèle Vue Contrôleur qui garanti l'indépendance des données par rapport à l'interface graphique et la gestion des entrées et sorties. Par exemple, il est possible d'utiliser RTC aussi bien sur la table DiamondTouch qu'avec une souris ou un clavier.

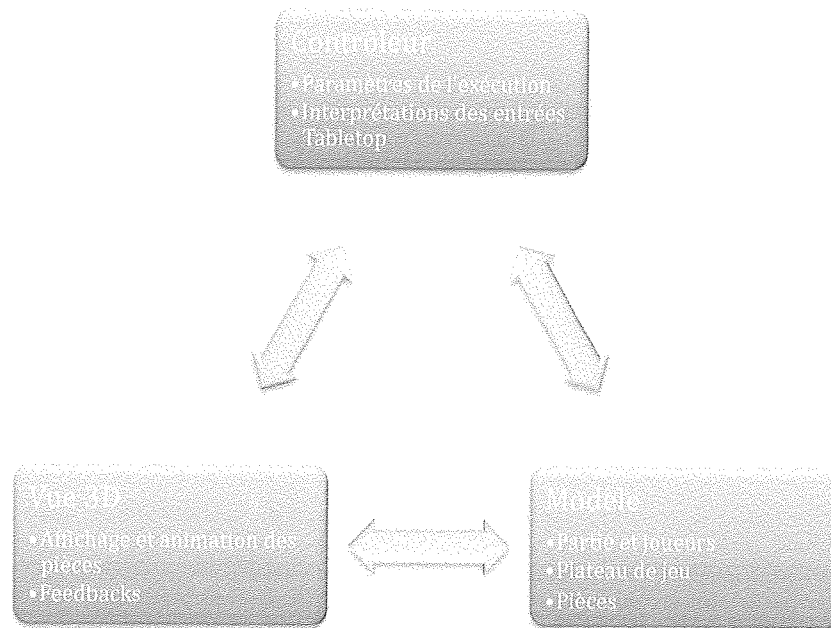


Figure 5 – Le pattern Modèle/Vue/Contrôleur dans RTC

4.2.1. Modèle

Les principales entités existantes dans RTC sont :

- **Pièce de jeu** : chaque classe de pièce connaît ses déplacements possibles, son temps de rechargement, son niveau de fatigue et d'expérience.
- **Case** : une case peut posséder une pièce et éventuellement d'autre propriété selon le type de jeu (case mur, case piégée, etc.).
- **Plateau de jeu** : il possède un nombre de cases = largeur x hauteur.
- **Objectif** : détermine une condition de victoire et une condition de défaite.
- **Joueur** : possède un ensemble de pièces et un objectif à atteindre.
- **Partie** : Lie les différents joueurs réunis en équipe au plateau de jeu.

Les différents objets évoqués par cette liste communiquent activement au cours de l'exécution d'une partie de RTC. Par exemple, une pièce consulte la disposition des autres pièces sur le plateau pour calculer ses déplacements possibles.

Le modèle du jeu a été conçu de façon à pouvoir prendre beaucoup de libertés par rapport aux règles de bases, le but étant de créer différents scénarios de parties de jeu.

RTC permet de faciliter l'ajout de nouvelles pièces ayant leur propre façon de se déplacer différente des pièces classiques. De la même manière, les plateaux de jeu ne comportent pas nécessairement 64 cases (8x8) et peuvent être plus petits ou plus grand et de forme rectangulaire. RTC permet d'interdire l'accès à certaines cases du plateau, comme s'il s'agissait de murs. Enfin, les parties peuvent accueillir entre un et quatre joueurs sur le même plateau en temps réel ; réunis en équipe ou non (chacun pour soi, 2vs2 ou 3vs1). RTC propose aussi un type de jeu où le but est de placer ses pièces sur des cases cibles et où il est impossible d'attaquer les autres joueurs.

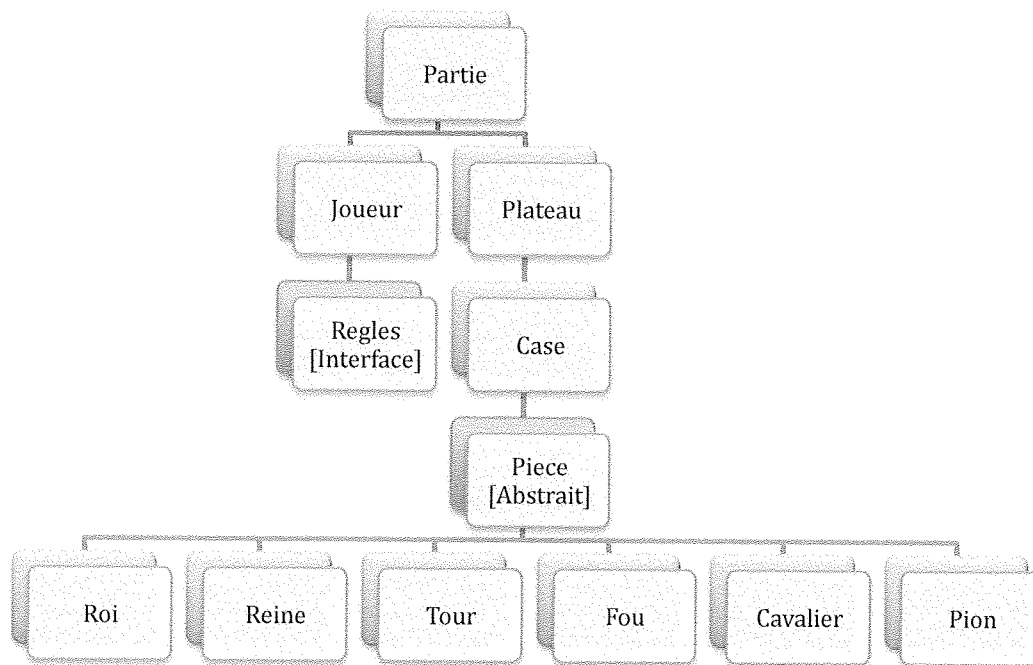


Figure 6 - Représentation simplifiée du modèle de données

Par extension, à partir du modèle du jeu, il sera même possible de développer lors de travaux futurs d'autres démonstrateurs plus complexes et différents du jeu d'échecs.

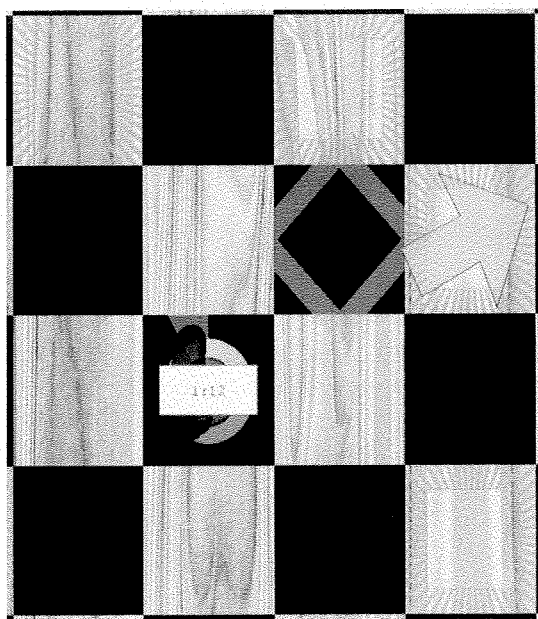
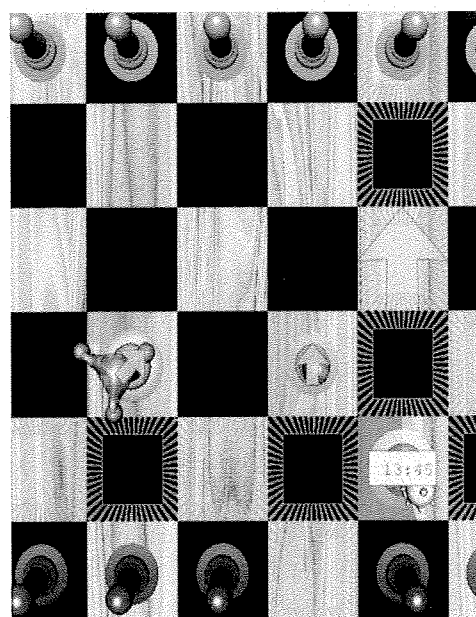
4.2.2. Interactions

Actuellement, il est seulement possible de déplacer ses pièces sur le plateau. Deux techniques distinctes sont disponibles. La première est une adaptation du « *Drag'n'Drop* » de la souris pour le doigt et on l'appellera le « glisser déposer », la seconde consiste à sélectionner avec le doigt la pièce puis la destination en deux temps et on l'appellera le « double tap ». Cette dernière technique n'est possible que sur des tabletop comme la DiamondTouch, capable de détecter l'auteur des contacts.

Une fonction de programmation d'un déplacement à venir (qui s'effectuera dès que la pièce sera rechargée) a été ajoutée au cours du mois d'Août 2008, alors que les premières expérimentations avaient été réalisées. Ce système était demandé par les premiers joueurs qui trouvaient frustrant de ne pas pouvoir assigner à une pièce bloquée son déplacement suivant.

Il est possible de programmer le déplacement prochain de plusieurs pièces différentes. Pour annuler un enregistrement, il suffit de sélectionner la pièce programmée et de toucher sa case actuelle.

Les deux images suivantes illustrent le feedback avertissant l'utilisateur que son déplacement suivant est bien enregistré.

**Figure 7 - Programmation du coup futur d'un cavalier****Figure 8 - Trois pièces ont un déplacement programmé**

Grâce à la technologie DiamondTouch, le système reconnaît l'auteur des interactions et il n'est pas possible de déplacer par inadvertance ou tricherie les pièces des autres joueurs.

4.2.3. Interface

La vue du jeu montre un plateau 3D vu du dessus, et les pièces s'affichent en perspective, ce qui permet à chacun des joueurs d'avoir une perception équivalente de l'espace quelque soit son orientation autour de la table.

L'interface du jeu contient de nombreuses informations, et la quantité des feedbacks augmente avec le nombre de joueurs participant à la partie.

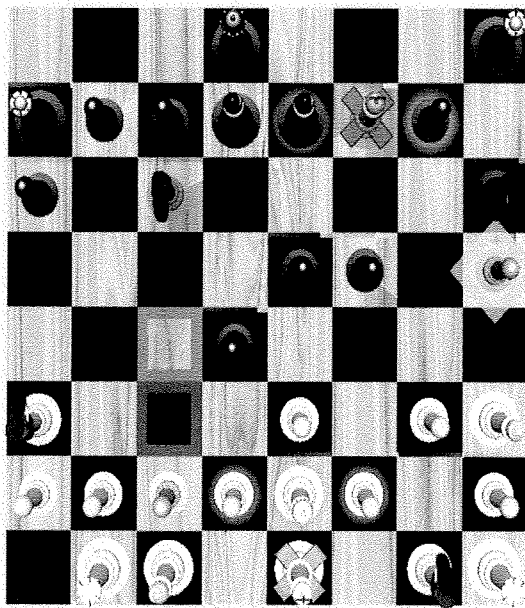


Figure 9 - Plateau classique 1v1

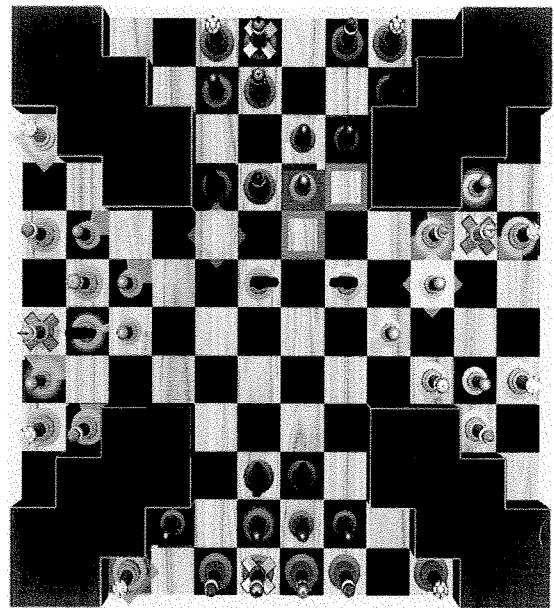


Figure 10 - 4 joueurs en 2v2

Chaque joueur est associée à une couleur et une orientation (Nord, Sud, Est, Ouest) ce qui permet d'afficher des messages dans son sens de lecture et de l'alerter avec sa couleur.

Tout en conservant un style d'affichage réaliste du plateau et des pièces, l'interface apporte une aide aux joueurs en indiquant par exemple les cases où la pièce qu'ils ont sélectionnée peut se déplacer, la position actuelle de leur objectif, le temps de recharge restant pour chacune des pièces, etc.

L'interface graphique a été constamment améliorée à partir des retours des différents joueurs ayant expérimenté le jeu au cours de son élaboration.

Enfin, RTC ne dispose pas pour le moment de feedbacks sonores.

4.3. Description technique

Le jeu RTC a été conçu en Java 1.5 pour une exécution sous Mac OS X, mais il est prévu à terme d'assurer sa compatibilité avec Windows et Linux. L'affichage 3D du jeu se base sur la librairie JOGL qui est une interface Java d'OpenGL. Les modèles 3d des pièces ont été réalisés avec le logiciel Blender.

Les interactions avec la table sont gérées par une classe *TouchListener* et héritant de la classe Java *MouseListener*, ce qui permet d'interpréter les « touches » des utilisateurs comme des événements souris (doigt posé, doigt retiré et doigt déplacé). Les interactions de chaque joueur s'effectuent en simultané des autres, ainsi le programme se décompose en plusieurs processus légers (threads) s'exécutant en parallèle.

4.4. Modes de jeu

Comme évoqué ci-dessus, le programme a été développé de façon à pouvoir proposer différents scénarios de jeu. Nous avons créé des démonstrations où le but est de déplacer une pièce sur différentes cases cibles, pour se familiariser avec le système. RTC comprend par ailleurs des modes pour deux et quatre joueurs. Pour deux joueurs :

- Configuration classique en 1 contre 1
- Chaque joueur a une pièce et doit atteindre une cible avant l'autre

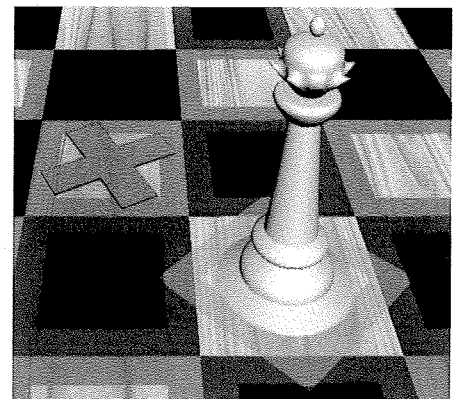


Figure 3 - Modèle d'une reine

- Le plateau aléatoirement rempli par des cases « murs » et le but est de prendre le roi adverse

Et pour quatre joueurs :

- Chaque joueur doit placer quatre pièces sur des cases cibles dans le coin opposé du plateau
- Plusieurs plateaux en 2 contre 2
- Un mode assaut où trois joueurs sont ligüés contre le dernier et doivent le vaincre en moins de trois minutes
- Un dernier mode où un joueur attaque les trois autres avec une pièce n'ayant pas besoin de se recharger (donc qui se déplace aussi vite que possible)

Le but de chacun de ses modes de jeu était de plonger les joueurs dans des situations différentes et d'observer l'impact sur leurs interactions sociales. Pour pouvoir jouer au jeu même lorsque nous n'étions pas assez nombreux, nous avons dû intégrer une intelligence artificielle aléatoire pour déplacer les pièces des joueurs absents.

5. Expérimentations

Le développement du démonstrateur a pris trois mois avant d'atteindre la stabilité exigée pour s'en servir comme outil d'expérimentations avec des utilisateurs. A ce jour, le programme continue d'être amélioré et reçoit de nouvelles fonctionnalités.

Une fois le jeu développé, nous l'avons fait essayer à plusieurs personnes, dans des configurations à 2 joueurs et à 4 joueurs. Nous avons d'une part récolté de nombreuses observations sur leur façon de jouer, de communiquer entre eux et sur leurs difficultés. D'autre part, nous avons préparé un questionnaire oral et effectué des interviews à certains des joueurs.

5.1. Protocole d'expérimentation

Il y a eu deux types d'expériences : celle pour deux joueurs et celle pour quatre joueurs. Chaque type expérience a été effectué sur une DiamondTouch grande (107 cm de diagonale) ayant une forme rectangulaire. A deux joueurs, les deux joueurs sont l'un en face de l'autre. A quatre joueurs, chacun des joueurs occupe un côté de la table.

Aucun système d'enregistrement des entrées et des parties n'était implémenté. Il n'y avait pas de caméra ni de micro pour enregistrer les réactions des joueurs. Des notes manuscrites décrivant les comportements des utilisateurs (réactions, stratégie, interaction avec le jeu et avec les autres joueurs) étaient prises pendant les expériences.

Après l'expérience, une interview précise a été faite pour certains utilisateurs. Cette interview sous forme de questions/réponses ouvertes et discussion s'accentuait sur les impressions sur le jeu, les difficultés rencontrées et la nature des interactions sociale survenues pendant la démonstration.

5.1.1. Déroulement de l'expérience

Les expériences à deux comme à quatre joueurs suivent fondamentalement le même déroulement :

(Les pièces n'ont un temps de recharge après déplacement qu'à partir de l'étape n°4)

1. Familiarisation avec le dispositif et apprentissage du déplacement d'une pièce (Tour) sur 10 cases cibles apparaissant les une après les autres aléatoirement dans une zone privée en face de soi et inaccessible pour les autres joueurs
2. Tâche de déplacement d'une pièce (Tour) toujours sur une suite de cibles apparaissant sur l'ensemble du plateau. Chaque joueur doit atteindre les cibles de sa couleur.
3. Course avec les autres joueurs : même tâche de déplacement sauf que la cible est la même pour tous les joueurs. A chaque fois qu'un joueur atteint la cible, il gagne un point et une nouvelle cible apparaît. Le premier obtenant 10 points au total remporte la partie et le jeu s'arrête.
4. Familiarisation avec le système de recharge des pièces et la programmation du coup à venir. Zone privée.
5. Tâche de déplacement de plusieurs pièces sur l'ensemble du plateau. Les cibles à atteindre se trouvent sur le côté opposé de la table.
6. Différents scénarios d'oppositions où le but est de dévorer le roi des joueurs de l'équipe ennemi. Pour quatre joueurs, il y a plusieurs configurations :
 - a. 2v2 avec l'allié placé sur un de ses côtés
 - b. 2v2 avec l'allié disposé en face de soi
 - c. 3v1 où 3 attaquants doivent tuer le Roi du joueur défenseur dans un temps limité (de 2 à 4 minutes)
 - d. 1v3 où le joueur attaquant possède une pièce très rapide et doit tuer les trois Rois de l'équipe qui défend.

RTC peut afficher le plateau de jeu à différentes tailles (zoom). En petit, il occupe moins d'espace physique sur la table mais les cases sont plus difficiles à sélectionner. En grand, les détails sont plus visibles mais cela exige de déplacer son bras entièrement pour des déplacements larges.

A chaque étape de l'expérience, nous refaisons faire la tâche plusieurs fois avec des tailles différentes. Nous avons demandé à chaque groupe de joueurs quelle était leur taille préférée. La taille du plateau par défaut variait d'un groupe à l'autre.

5.1.2. Utilisateurs

Dans l'ensemble, nous avons fait passer le test à 22 personnes, dont 5 femmes. A chaque personne a été demandé quelles sont ses expériences du jeu d'échec, des jeux sur tables en général et des jeux vidéo.

Des interviews de sept joueurs ont été réalisées. Le choix des interviewés s'est fait en fonction de l'originalité de leur profil par rapport aux autres. Par exemple, nous avons interrogé un spécialiste du jeu d'échec classique pour avoir ses impressions sur ce nouveau mode de jeu en temps réel, des doctorants effectuant leur études sur les tabletops, des habitués/non habitués des jeux vidéo, et enfin plusieurs utilisateurs ayant rencontré de nombreuses difficultés au cours de l'expérience.

5.2. Observations

Les observations effectuées ont naturellement été axées de façon à confirmer ou infirmer les hypothèses de départ. Toutefois, de nombreuses réactions et impressions inattendues des joueurs nous ont permis de prendre conscience de nouveaux problèmes intéressants inhérents aux applications temps réel multiutilisateur pour tabletop.

Voici dans un premier temps les résultats confirmant ou non les hypothèses initiales, puis nous présenterons ensuite les observations inattendues.

5.2.1. Hypothèses initiales

a) Interactions sociales

Dans une partie à deux, l'un contre l'autre, les deux joueurs communiquent peu à part pour faire des commentaires sur les mécanismes du jeu ou exprimer leurs émotions. Les problèmes de gêne physique et d'ombres (en raison de la projection vidéo par le haut) se font ressentir très rapidement. Les joueurs ont tous eu la même réaction : le rire. Certains, se prenant activement au jeu, ont été pris d'agressivité (dans une mesure amicale heureusement) et ont fait des remarques à leur adversaire : « *Mais pousse ta main !* » par exemple.

A quatre joueurs, nous avons été surpris d'observer qu'il n'y a, durant les premières parties, quasiment aucune tentative de stratégie d'équipe. La plupart des sujets préfèrent se concentrer sur l'interface et apprendre à l'utiliser plutôt que de discuter avec leurs coéquipiers, d'autant plus que les parties sont jouées rapidement. Lorsque nous avons demandé aux joueurs pourquoi il ne parlent pas entre eux, ils ont tous répondu qu'ils n'en ressentaient pas le besoin, et que les actions de son coéquipier sur le plateau de jeu permettent de créer un contact implicite avec lui : « *On le voit bouger ses pièces. On sait qu'il est là, on peut lui faire confiance.* »

En particulier, le mode de jeu qui oppose trois joueurs à un, où les trois attaquants ont quelques minutes pour prendre le roi adverse (voir l'image suivante), ne peut se gagner que par une stratégie commune et organisée. Les premières parties, les attaquants jouaient chacun de leur côté, sans chercher à communiquer ni unir leurs efforts, et le résultat étaient la victoire du défenseur grâce au dépassement du temps limite. Au bout de plusieurs parties, l'un des joueurs a ressenti le besoin de donner des ordres à l'un de ses coéquipiers pour faciliter leurs attaques. A partir de cet instant, parler avant de jouer les pièces est devenu un réflexe pour le groupe et les attaquants ont gagné facilement.

En résumé, bien que la communication orale soit très efficace, les joueurs n'ont pas immédiatement le réflexe de discuter en jouant à cause de la vitesse du jeu.

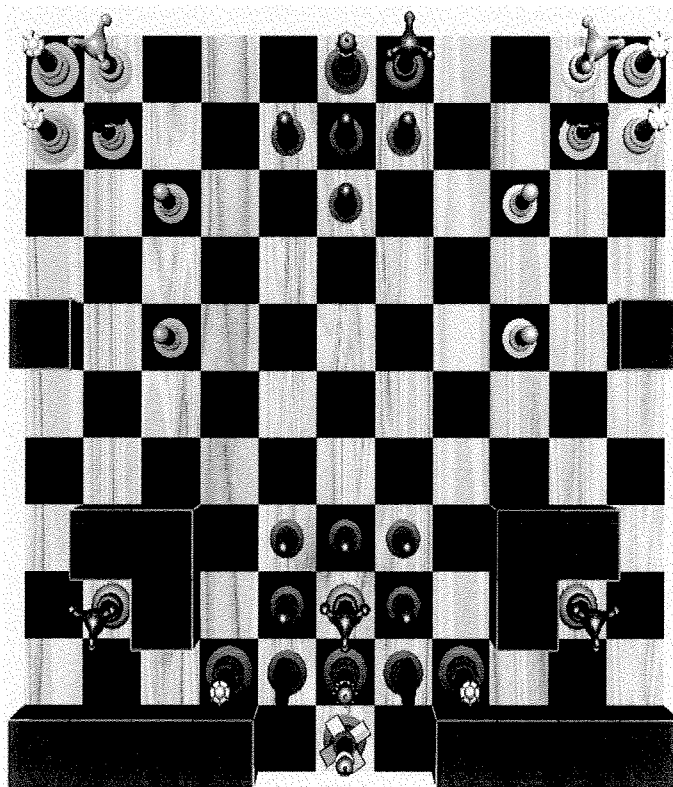


Figure 4 - Les trois joueurs du haut attaquent le défenseur bleu

Il était cependant intéressant de remarquer que la présence des adversaires ne gênait pas les joueurs de la même équipe à parler entre eux, au risque de laisser les adversaires écouter leurs échanges, sauf quelques rares exceptions où les joueurs préféraient se chuchoter des instructions dans l'oreille, mais ils perdaient du temps et ne recommençaient pas.

De manière générale, la présence des adversaires et coéquipiers influence grandement les actions des joueurs. Les déplacements des mains sont perçus et chaque utilisateur peut percevoir les avancés des autres. Nous avons toutefois remarqué que certains joueurs tentaient des déplacements en veillant à ne pas se faire remarquer par les adversaires, ce qui marchait de temps en temps (bluff). En contrepartie et contrairement à ce que nous avons émis comme hypothèse, les joueurs observent peu le visage de leurs adversaires car le rythme du jeu est trop rapide et ne leur laisse que peu de temps.

b) Interaction avec le système

Concernant les interactions avec le système, nous avons effectivement constaté que le jeu plaisait à tous les sujets, et que le rythme ainsi que la confrontation des joueurs dans le même espace leur a paru amusant et stimulant. A règles équivalentes, le rythme était beaucoup plus rapide avec quatre joueurs car il y a deux fois plus d'informations à voir et d'interactions à effectuer en même temps. En fin de partie, alors que le nombre de pièce avait considérablement diminué et que l'issue était proche, les joueurs ont eu d'avantage tendance à réfléchir avant d'agir, et certaines parties se sont paradoxalement terminées en « tour par tour » car chaque joueur regardait l'action de l'autre avant de jouer ses pièces.

Des deux techniques disponibles pour le déplacement d'une pièce, la plus utilisée a été le « double toucher » parce que les utilisateurs la trouvaient plus rapide, bien que le « glisser déposer » fut aussi utilisé dans certains cas précis comme le déplacement successif de plusieurs pièces.

La taille du plateau a une importance considérable et influence la qualité des interactions des joueurs avec le système ainsi que leurs impressions. Tous les utilisateurs n'ont pas eu la même préférence, et il était curieux de constater que la plupart du temps, les joueurs ont préféré une taille du plateau proche de la taille par défaut (ceux qui commençaient avec un plateau grand préféraient le garder grand, et inversement). Lorsque le plateau était petit, les joueurs avaient l'impression de pouvoir agir et réagir plus rapidement, car le déplacement à faire avec la main était plus court. Cependant, presque tous faisaient

beaucoup plus d'erreurs puisque les cases étaient affichées plus petites. Ils aimaient aussi avoir une vue d'ensemble du plateau.

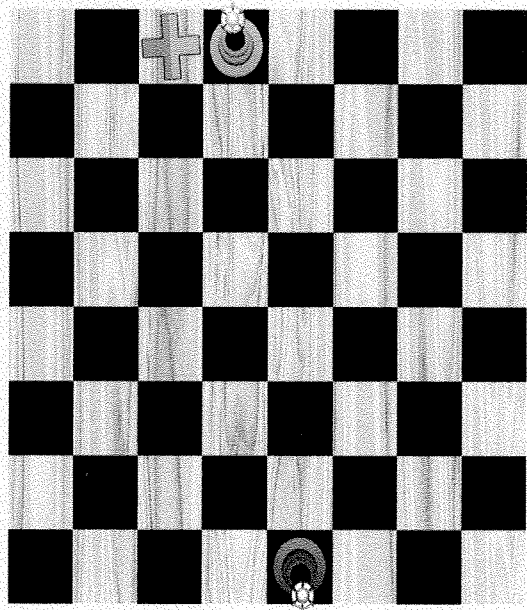


Figure 5 - Plateau grand

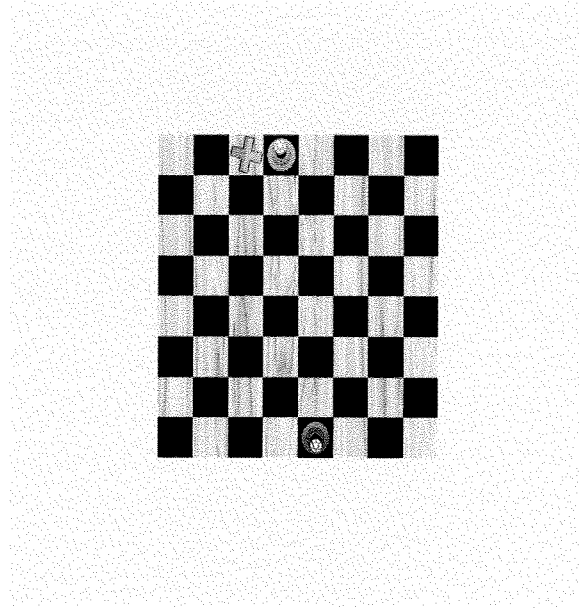


Figure 6 - Plateau petit

Lorsque le plateau était grand, les joueurs trouvaient qu'ils percevaient mieux le type des pièces mais regrettaient de ne pas avoir assez de recul pour bien voir l'ensemble des pièces. Une personne a trouvé que l'immersion dans le jeu était trop importante lorsque le plateau était affiché plus grand, et cela lui provoquait une nausée. Le niveau de zoom préféré était intermédiaire, avec au moins 10 cm de marge entre le bord du plateau et le bord de la table.

Comme prévu, l'attention des joueurs est très sollicitée, et la plupart d'entre eux ont beaucoup de mal à suivre les changements sur tout le plateau, et surtout à quatre joueurs. Nous assistons à des parties où chacun s'occupe de ses propres pièces. Chaque joueur adopte son propre rythme et les gagnants sont le plus souvent ceux qui parviennent à suivre les déplacements des pièces adverses tout en déplaçant les leurs au fur et à mesure.

Nous avons constaté que le nombre de feedbacks était initialement trop élevé, ce qui altérait la clarté de l'interface générale. Cependant, le choix d'associer chaque joueur à une couleur semble judicieux car le joueur s'y sensibilise en début de partie et remarque mieux les messages qui lui sont adressés (mise en évidence de case, de perte de pièce, etc.). La taille d'un feedback s'adressant à tous les joueurs (par exemple : l'apparition d'une nouvelle cible commune) pour deux joueurs seulement n'est pas toujours satisfaisante pour quatre joueurs. Ainsi, l'apparition d'une nouvelle cible lorsque quatre joueurs jouent en même temps doit être encore plus remarquable qu'à deux joueurs.

Certaines informations cependant comme le temps de recharge d'une pièce ont du mal à être perçues par les débutants. Enfin, lorsqu'une pièce ne peut pas bouger, elle est grisée ; pourtant, la plupart des joueurs ne l'ont pas remarqué et ont souvent essayé de déplacer des pièces immobilisées. Nous avons compris que les utilisateurs ne regardent pas toujours la pièce qu'ils souhaitent déplacer, mais plutôt la destination du déplacement envisagé. Le signalement de l'immobilisation d'une pièce a par la suite été amélioré et cela a considérablement diminué la fréquence des erreurs.

Le comportement des joueurs évolue selon l'expérience et avec certaines personnes qui ont désiré participer plusieurs fois à l'expérience, nous avons observé des changements dans leurs stratégies, en particulier les joueurs plus expérimentés ont tendance à observer les autres et agir en conséquence, alors que les débutants s'engagent directement dans la partie.

c) Problèmes de gênes

Nous avons par ailleurs fait attention aux problèmes envisagés en partie 2.3 d'une application temps réel multiutilisateurs sur Tabletop. Ainsi, nous avons remarqué que le partage de l'espace de jeu

pose problème lorsque tous les joueurs interagissent avec le milieu de la table. Les bras et les mains cachent la surface et coupent la projection de la lumière. Il arrive que les bras se croisent et que les mains se touchent.

Du fait que le démonstrateur soit une application vidéoludique, les utilisateurs ont tous ri dès les premières parties où chacun doit interagir avec l'ensemble du plateau. Les réactions suivantes diffèrent cependant :

- Certains joueurs ne supportent pas la gêne et demande plus ou moins agressivement aux autres joueurs de pousser leur main (selon le niveau de familiarité et en fonction de l'investissement dans le jeu)
- Certains joueurs fuient les conflits et préfèrent attendre que la voie soit libre pour déplacer leurs pièces
- Certains ne semblent pas affectés par la gêne mais développent inconsciemment des stratégies pour jouer sans être gêner par l'autre (utilisation des deux mains, passage par les côtés, etc.)

Dans les parties à deux joueurs, lorsqu'il y a deux droitiers ou deux gaucher, les bras agissent en parallèle sur la table. Cependant, une expérience a confronté un gaucher à un droitier, et les deux joueurs ont eu beaucoup de difficulté à ne pas se cogner les bras. L'un des joueurs a fini par se pencher sur le côté pendant toute la partie.

A quatre joueurs, la gêne devient très importante, surtout dans les premières étapes de la démonstration où le but est d'atteindre une cible avant les autres.

Lorsque plusieurs joueurs essayaient de se déplacer sur la même case, cela ne posait pas problème car les cases sur la table pouvaient facilement accueillir plusieurs doigts. Il n'y a pas eu de blessures ni de choc physique.

Nous n'avons pas remarqué que les joueurs fussent gênés lorsqu'ils voulaient jouer dans la partie du plateau opposée, et personne n'a semblé chercher significativement à jouer sur son propre côté de table.

5.2.2. Autres observations

Les expériences nous ont permis de prendre conscience de plusieurs phénomènes inattendus qui mériteraient d'être étudiés en profondeur.

a) Technique d'interaction avec les pièces

Tout d'abord, nous avons constaté que les joueurs préfèrent naturellement n'utiliser qu'une seule main et toujours la main dominante, même si leur zone d'action se situe de l'autre côté. Une minorité de personnes a eu le réflexe de déplacer d'un bord à l'autre du plateau une pièce rapidement avec deux doigts (la première main sélectionne la pièce, l'autre la destination). Souvent, lorsque l'autre joueur observait le premier utiliser cette technique, il la trouvait judicieuse et se mettait à l'utiliser aussi.

Entre les deux techniques de déplacement d'une pièce, les utilisateurs habitués de l'informatique et des jeux de stratégie ont dès le départ une préférence pour le double tap (de la pièce à la destination), qu'ils trouvent plus rapide. En contrepartie, les personnes qui ne jouent jamais aux jeux vidéo ou bien ne connaissent pas du tout les systèmes à surface tactile vont essayer le glisser déposé : « c'est une action plus naturelle comme avec de vraies pièces », « On fait glisser les pions comme aux dames ». En général, ils gardent cette technique, même s'ils reconnaissent qu'elle est moins rapide, et juste parce qu'elle leur semble plus agréable.

b) Vitesse et concentration

Un joueur a constamment son attention focalisée sur un endroit précis du plateau (une pièce ou un objectif à atteindre) et ne voit pas les événements autour. Il peut très bien perdre ses pièces sans s'en rendre compte.

Dans un système où l'attention de l'utilisateur est sollicitée à chaque instant, le rôle de l'interface est d'aider à la perception des événements remarquables sur le plateau. Par exemples, nous avons ajouté un effet visuel de déflagration colorée lorsqu'une pièce vient d'être attaquée, ce qui alerte un joueur en

sollicitant son attention périphérique. De plus, le but du jeu dans les dernières étapes était de prendre le roi adverse. La perte de son propre roi précipitant sa défaite, une attention particulière doit être constamment apportée à celui-ci. Pourtant, une grande majorité des joueurs étant passés dans les premières expériences avaient du mal à surveiller leur roi et à le protéger en cas de danger. Pour y remédier, nous avons ajouté une fonction d'alerte visuelle, sous forme de cible rouge clignotante, qui se déclenche lorsqu'un roi est menacé.

Le résultat de ces deux effets (déflagration à la perte d'une pièce et alerte lors de la menace du roi) a été l'amélioration des performances des joueurs en leur permettant de suivre sans effort les actions cruciales des autres sur tout le plateau.

De la même manière, dans les parties à 3 joueurs contre 1, le joueur isolé, bien qu'étant avantagé par sa position défensive et le nombre de ses pièces, avait beaucoup de difficultés à contenir trois attaques en même temps, ne pouvant consacrer son attention qu'à des zones précises du plateau. Ainsi, les meilleures stratégies d'attaque consistaient à avancer sur deux côtés opposés plutôt qu'à se rassembler et passer par même endroit.

c) Rythme du groupe

Selon les sujets des expériences, le rythme des parties était très différent. Par exemple, une partie qui opposait deux joueurs habitués des échecs et des jeux vidéo avait un rythme effréné et la durée n'excédait pas une minute en moyenne. Une autre partie dans le même mode de jeu avec deux joueurs novices, ne jouant jamais aux jeux vidéo et qui enfin ne se prêtaient pas vraiment au jeu de la compétition, durait quatre à cinq fois plus de temps.

En effet, dans ce type d'application « temps réel », la vitesse est limitée par le système (rechargement plus ou moins long des pièces) mais cela n'empêche pas les joueurs de jouer très lentement. Nous avons donc pu observer que le rythme d'exécution et d'évolution du plateau virtuel est le résultat d'un équilibre inconscient des différents membres du groupe. A deux joueurs, le rythme se stabilise rapidement pour satisfaire les deux joueurs. Certaines personnes sentent l'obligation et réagir plus vite, il arrive aussi que d'autres se limitent pour laisser l'autre joueur souffler. Toutefois, à quatre joueurs, bien que le rythme soit différent d'un groupe à l'autre, il est la plupart du temps très élevé. Dans ce cas, certains joueurs préfèrent attendre l'occasion de jouer et n'osent pas s'imposer.

Sur une expérimentation pour quatre joueurs, nous avons proposé un type de partie où un joueur peut déplacer son unique pièce sans temps de chargement. Il doit attaquer les autres joueurs qui eux sont limités par le système. La réussite de l'attaquant ne dépend donc que de sa propre réactivité et de la vitesse de ses déplacements physiques. Les comportements sur cette expérience étaient très intéressants : nous avons surtout observé des réactions de frustration très expressive de la part des joueurs perdants, qu'ils soient défenseur ou attaquants. Les défenseurs qui perdaient condamnaient ce mode de jeu où selon eux « on ne peut rien faire », et lorsque l'attaquant perdait, il remettait en cause le surnombre des adversaires sans prendre du recul par rapport à ses propres réflexes.

d) Conclusion sur les observations

Plusieurs observations ont été surprenantes. Dans un premier lieu, ces expériences ont permis de remettre en cause une idée reçue à propos de l'IHM des tabletop. En effet, nous pensions que les joueurs se regarderaient et discuteraient activement entre eux au cours des parties. En réalité, ils sont trop absorbés par le rythme du système et la quantité d'informations présentes qu'ils oublient de communiquer oralement les uns avec les autres (pour autre chose que des remarques superficielles ou humoristiques). Nous pensons qu'il s'agit d'une caractéristique importante des applications temps réel sur tabletop. Nous avons ainsi imaginé qu'un programme exigeant des utilisateurs qu'ils conviennent ensembles d'une stratégie devrait leur laisser un temps de pause suffisant.

Par ailleurs, les réponses à la gêne ont elles aussi pris une forme non attendues : celle-ci a été interprétée comme un facteur du jeu et a amusé les utilisateurs. Ceux-ci, bien que montrant parfois plus ou moins d'agressivité selon leur engagement dans la compétition, ont développé naturellement des stratégies de contournement des bras et mains adverses.

L'approche des expérimentations nous semble bonne et nous a permis de prendre conscience de nombreux problèmes. Nous prévoyons cependant d'intégrer à l'avenir un système d'enregistrements de tous les contacts dans un fichier afin de mesurer le taux d'erreurs et la vitesse des joueurs, mais aussi de filmer les sujets pour analyser leurs comportements à tête reposée.

5.3. Interviews

Les informations obtenues à partir de l'observation des joueurs en jeu lors de ces expérimentations sont très intéressantes, mais le ressenti des utilisateurs nous semble tout aussi important.

Nous avons complété nos observations en faisant l'interview de sept utilisateurs. Le but de cette interview était de relever les impressions des joueurs : satisfactions, faits marquants et difficultés. De plus, ces interviews ont aussi permis d'avoir un retour précis sur l'interface graphique du jeu et de l'améliorer.

Les sujets ont expliqué avoir pris du plaisir à jouer grâce au rythme élevé, du besoin d'être réactif et rapide, et enfin d'interagir sur le même espace que les autres, quitte à se gêner. Les sujets ont ainsi exprimé leur amusement et la convivialité de l'environnement. Les joueurs ont dit avoir l'impression de jouer à un jeu de société plutôt qu'à un jeu vidéo. Certains ont rapporté avoir ressenti du stress dans les scénarios plus rapides, surtout lorsque leurs pièces étaient menacées. Ils ont aimé les différents modes de jeu, rénovant le principe des échecs et proposant des objectifs originaux. Les parties à quatre joueurs ont été perçues comme moins subtiles mais plus amusantes car plus rapides. Le fait d'avoir toujours quelque chose à faire sans attendre son tour est très apprécié.

Les joueurs ont expliqué avoir cru sentir les actions des autres joueurs sans avoir besoin de les regarder dans les yeux. Nous en concluons que le fait de suivre les mains du coin de l'œil permet d'interpréter les actions de l'adversaire (attaque, fuite) et d'anticiper.

Les sujets, sans trouver les plateaux de jeu trop larges, ont dit avoir eu beaucoup de mal à suivre durant les parties à quatre joueurs tous les déplacements simultanément et étaient la plupart du temps concentrés sur leurs propres pièces. Selon eux, il était par exemple plus difficile de mener deux attaques en parallèle que de regrouper ses pièces. Nous avons compris que certains dangers sont perçus trop tard par les joueurs. De la même manière, dans les parties en 2vs2, chacun des utilisateurs ne peut se concentrer sur un adversaire à la fois. A partir de ces remarques, nous avons réalisé l'importance des feedbacks visuels périphériques, permettant de maintenir le joueur alerté.

Un des interviewés a trouvé que la table n'était pas assez réactive par moment et que les mouvements de ses doigts n'étaient pas captés. Enfin, un autre sujet a trouvé qu'il était fatigant sur les parties longues de tendre le bras de l'autre côté de la table.

6. Conclusion

Les travaux de ce stage de Master Recherche ont donné de bons résultats mais ont aussi soulevé des problèmes d'IHM à approfondir.

6.1. Bilan

Après avoir établi un état de l'art des jeux vidéos expérimentaux conçus pour tabletop, nous avons étudié une voie inexplorée : un jeu de stratégie multiutilisateurs en temps réel. Le logiciel, inspiré des échecs a été développé en Java pour fonctionner avec une table DiamondTouch. La modularité du jeu et la capacité de paramétrage ont permis de confronter des sujets à plusieurs scénarios de jeu différents : collaboration ou compétition pour deux ou quatre joueurs. Les observations menées pendant ces expériences ont validé ou invalidés nos hypothèses initiales et ont mis en évidence de nombreux problèmes.

Nous pensons que les interactions avec le logiciel développé, bien qu'il soit un jeu vidéo, peuvent refléter un système tabletop de gestion de crise, où plusieurs utilisateurs travaillent en collaboration sur le même espace simultanément.

Toutefois, les différentes gênes ressenties par les joueurs en raison du partage du même espace (notamment au centre de la table) ont été appréciées en tant que mécanisme du jeu alors que cela ne serait pas perçu de la même manière dans un contexte non ludique.

6.2. Perspectives

Les résultats des expérimentations ont dévoilé des problèmes pertinents inhérents aux applications temps réel multi-utilisateurs sur Tabletop. Il reste encore des expérimentations à faire avec quatre joueurs, et nous allons améliorer le démonstrateur en le dotant d'un moyen d'enregistrement de toutes les entrées, et réaliser des expériences plus contrôlées.

Afin d'optimiser le travail collaboratif et parallèle, nous aimerions chercher comment minimiser les effets de gênes physiques et oculaires dus la présence quasi constante de plusieurs bras au dessus de la table. Par ailleurs, en perspective d'applications à rythme rapide, il faudrait également étudier la richesse du vocabulaire potentiel des tables (détection de doigts, de forme de mains, de déplacements, de pression et d'orientation) et concevoir de nouvelles techniques (interactions gestuelles) et multimodales avec d'autres périphériques afin d'évaluer leur rôle dans l'augmentation de réactivité des utilisateurs et la diminution de la gêne.

D'autre part, nous avons remarqué qu'il est difficile pour un utilisateur de maintenir sa concentration sur l'ensemble de l'espace de travail. Nous envisageons d'analyser quels types de feedbacks visuels peuvent être ajoutés et de quelle manière pour garder chaque utilisateur en alerte des modifications sur la table. Dans cette optique, nous souhaiterions aussi intégrer des feedbacks sonores, mais cette fonctionnalité doit tenir compte de l'espace assez restreint et de la position des utilisateurs autour de la table.

L'un des projets à venir est la conception de notre propre tabletop *ftirtouch* (composée essentiellement d'une plaque de plexiglas parcourue de rayons infrarouge, accompagnée d'une caméra spéciale pouvant détecter les contacts sa surface) ainsi que le développement logiciel adapté à plusieurs utilisations, dont la mesure précise de la vitesse des utilisateurs selon différents types de tâches.

La recherche de solutions à ces problèmes se fera avec la conception de nouveaux démonstrateurs visant à reproduire un type d'application défini, éventuellement sous la forme d'un jeu vidéo, et l'évaluation précise et formelle des interactions de l'utilisateur avec le système. Nous prévoyons que les tabletops seront largement répandues d'ici une dizaine d'années, et que les domaines d'application s'étendront des systèmes militaires de gestion de crise ou de trafic aux jeux vidéo conviviaux dans des salons de jeu. Et plus largement, nous imaginons déjà des systèmes fonctionnant avec plusieurs tabletops (et éventuellement d'autres périphériques tactiles comme des tablettes interactives) en parallèle. Dans tous les cas, les progrès technologiques vont permettre à plusieurs utilisateurs de travailler simultanément sur des logiciels complexes et fortement interactifs, et les problèmes liés au rythme d'utilisation de ses systèmes commencent juste à être abordés.

7. Remerciements

Je remercie tout d'abord Frédéric Vernier, mon encadrant au cour de ce stage, pour sa remarquable disponibilité, ses précieux conseils mais aussi sa confiance dans mes choix. Je remercie Matthieu Courgeon d'avoir modéliser les pièces 3D de RTC et de m'avoir donné un programme Java pour charger les modèles dans OpenGL. Je remercie François Clos et Antoine Bertin d'avoir participé activement aux tests des premières versions de RTC sur la table interactive, mais aussi l'ensemble des personnes qui ont participé aux expériences et aux interviews. Je remercie enfin Yacine Bellik d'avoir pu m'aider à remettre en perspective mon sujet en prévision d'une thèse.

8. Bibliographie

8.1. Résumés de conférences et de workshop

- UIST 2007
Proceedings (+Adjunct Proceedings) of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology.
Newport, Rhode Island, USA – October 7-10, 2007
- TABLETOP 2007
Second Annual IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems.
Newport, Rhode Island, 10-12 October 2007
- *Co-located Tabletop Collaboration: Technologies and Directions*
A workshop at CSCW 2002
New Orleans, USA – November 16, 2002.

8.2. Articles

- AL MAHMUD, A. et al, *Affective Tabletop Game : A New Gaming Experience for Children.* Tabletop 2007
- BUXTON B., *Multi-touch Systems that I Have Known and Loved.*
<http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>
- DIETZ P. & LEIGH D. *DiamondTouch; a multiuser touch technology.* 2003
- HAN J. *Detecting multiple finger touches on a rear-projection surface - ACM UIST 2005*
- MAGERKURTH C., MEMISOGLE M., ENGELKE T., STREITZ N. *Towards the Next Generation of Tabletop Gaming Experience.* Graphics Interface 2004 (GI'04)
- MAGERKURTH C., STENZEL R., PRANTO T. *STARS - A Ubiquitous Computing Platform for Computer Augmented Tabletop Games - UBICOMP'03*
- MALAZEK A., MIRONER B., O'REAR E., VAN DEVENDER D. *The TVViews Table Role-Playing Game,* 2007
- MANDRYK R.L., MARANAN D.S., INKPEN K.M., *False Prophets: Exploring Hybrid Board/Video Games.* 2002
- NILSEN T., LOOSER J. *Tabletop war gaming in augmented reality.* 2005
- PAPE S., DIETZ L., TANDLER P., *Single display Gaming : Examining Collaborative Games for Multi-User Tabletops - 2004*
- SCOTT S., GRANT K., MANDRYK R., *System Guidelines for Co-located, Collaborative Work on a Tabletop Display.* 2003
- SÖDERBERG J., WAERN A., ÅKESSON K.-P., *Enhanced Reality Live Role Playing - 2004*
- TSE E., GREENSBURG S., SHEN C., FORLINES C. *Multimodal Multiplayer tabletop gaming.* PerGames 2006
- TSE E., SHEN C., GREENSBURG S., FORLINES C. *Enabling Interaction with Single User Applications through Speech and Gestures on a Multi-User Tabletop - 2006*
- VAN LOENEN et al. *Entertaible: A solution for Social Gaming Experiences - 2007*
- WU M., BALAKRISHNAN R., *Multi-Finger and Whole Hand Gestural Interaction Techniques for Multi-User Tabletop Displays.* UIST '03 Vancouver, BC, Canada – 2003
- ZHANG X., TAKATSUKA M., *Put that there NOW : Group Dynamics of Tabletop Interaction Under Time Pressure.* Tabletop 2007