HAL
open science

Collecticiels : Neuf Degrés de Couplage

Frédéric Jourde, Yann Laurillau, Laurence Nigay

To cite this version:

Frédéric Jourde, Yann Laurillau, Laurence Nigay. Collecticiels : Neuf Degrés de Couplage. Actes de la 21ème Conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM'2009, Grenoble, France, Octobre 2009), 2009, Grenoble, France. pp.265-272, 10.1145/1629826.1629870 . hal-00953302

HAL Id: hal-00953302

https://inria.hal.science/hal-00953302

Submitted on 28 Feb 2014

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.

Collecticiels : Neuf Degrés de Couplage

Frédéric Jourde, Yann Laurillau, Laurence Nigay

Université de Grenoble, Laboratoire LIG
Domaine Universitaire
38000 Grenoble, France
{frederic.jourde, yann.laurillau, laurence.nigay}@imag.fr

RESUME
Cet article porte sur le couplage des activités collaboratives et vise à étendre sa définition existante à travers une démarche expérimentale et exploratoire. En effet, nous faisons l'hypothèse que le couplage est caractérisé par neufs degrés répartis dans un espace à deux dimensions. Pour cela, nous adoptons le point de vue de la multimodalité pour aborder cette notion pour des systèmes interactifs multiutilisateurs. Aussi, nous avons développé deux applications, dont l'une est détaillée dans cet article, pour mener nos expérimentations afin de mettre en évidence l'existence de ces neufs degrés. Cette première phase expérimentale semble confirmer une partie de nos hypthèses.

MOTS CLES : collecticiels, couplage, multimodalité, expérimentations.

ABSTRACT
This paper is about the coupling of collaborative activities and the goal of this work is to refine the existing definition of coupling, based on an experimental and exploratory approach. Indeed, we suppose that the coupling may be characterized with nine degrees in a two dimension space. To do this, we have considered multimodal interfaces applied to groupware interfaces. Then, we have developed two applications, which one is detailed in this paper, in order to experimentally highlight the existence of these nine degrees. This first step seems to confirm our hypothesis.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: H5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

GENERAL TERMS: Documentation.

KEYWORDS: groupware, coupling, multimodality, experimentations.

INTRODUCTION

Le couplage est un phénomène social du travail collaboratif. Selon le degré de couplage, deux individus travaillant conjointement dépendent faiblement ou fortement l'un de l'autre [7]. La prise en compte du couplage au sein d'un collecticiel est un sujet récurrent au sein de la communauté CSCW/TCAO [5] et fait régulièrement l'objet de travaux de recherche. Aussi, dans le cas d'un collecticiel, le couplage est souvent associé à la notion de « *What You See Is What I See* » (WYSIWIS) [1,4,12]. Ainsi, deux utilisateurs sont fortement couplés si l'interface utilisateur met en oeuvre des interactions du type WYSIWIS strict : nos deux utilisateurs partagent une IHM identique et entièrement synchronisée : les actions de l'un sur son IHM locale produisent des effets identiques sur l'IHM de l'autre. Inversement, un WYSIWIS relâché (*relaxed*) signifie que nos deux utilisateurs ont une vue similaire sur les données mais que, suivant la granularité de la tâche, les actions de l'un, en général des tâches articulatoires comme le déplacement d'une barre de défilement ou le choix d'un outil dans une palette, n'induisent pas forcément un effet sur l'IHM locale de l'autre. Toutefois, de récents travaux s'intéressent au couplage de l'interaction avec, par exemple, un point de vue système visant à réduire les effets indésirables de la latence d'un réseau sur l'interaction, notamment les mouvements fantômes des objets graphiques, dans une situation de couplage fort pour des interactions réalisées en temps réel [13]. D'autres traitent du couplage à un niveau plus abstrait en le considérant au niveau modèle selon la décomposition MVC [10] ; cette approche a pour objectif de pouvoir définir le degré de couplage désiré pour chaque interacteur qui compose l'IHM. Cependant, au final, c'est le traitement du couplage de l'interaction en sortie qui estvisé.

Aussi, bien que ces deux derniers exemples visent à traiter le couplage avec une approche plus abstraite, nous constatons que cet aspect des collecticiels est très souvent traité en terme de WYSIWIS lorsqu'il s'agit de l'interface utilisateur. Dans ce contexte, nous proposons une approche plus large pour affiner la notion de couplage en adoptant le point de vue de la multimodalité. Notre objectif est de caractériser le couplage de l'interaction en tenant compte à la fois des entrées et des sorties et en ne se limitant pas à traiter le couplage entre modalités graphiques en sortie. Pour cela, nous adoptons une démarche expérimentale et exploratoire afin de mettre en évidence qu'il existe au moins neuf degrés de couplage répartis sur une échelle à deux dimensions. Ainsi, nous avons développé deux applications afin de mener ces expérimentations. Dans cet article, nous présentons la première application sur laquelle nous nous appuyons pour mener notre première phase expérimentale.

Dans la partie suivante, nous présentons un état de l'art sur la notion de couplage et nos hypothèses au regard de cet état de l'art. La troisième partie détaille notre démarche pour élaborer notre application et expliquons comment celle-ci doit nous permettre de valider nos hypothèses. La quatrième partie présente le contexte de nos expérimentations ainsi que les principaux résultats. Nous concluons sur une discussion et des perspectives.

NOTION DE COUPLAGE : UN ESPACE À DEUX DIMENSIONS

La notion de couplage est courante mais sa définition diffère suivant les disciplines de l'informatique. D'après la littérature du domaine, le degré de couplage varie le long d'une échelle (*continuum*) de faiblement couplé (*loosely-coupled*) à fortement couplé (*tightly-coupled*) [11,14]. Cependant, le long de cette échelle, les valeurs intermédiaires ne sont pas clairement identifiées et, souvent, seules les extrémités sont exploitables. Afin de pouvoir caractériser plus finement le couplage, nous avons retenu deux définitions.

La première, la plus courante, offre une définition du couplage du point de vue de l'interface utilisateur [12,4]. Le couplage fort se réfère à du WYSIWIS strict : deux utilisateurs interagissent à travers une interface multiutilisateur et cette interface est strictement identique : l'action de l'un des utilisateurs sur son interface locale est aussitôt répliquée sur les interfaces distantes et produisant les mêmes effets. Le couplage faible se réfère à du WYSIWIS relâché : deux utilisateurs interagissent avec une même interface mais pas forcément avec une vue identique sur un modèle partagé. De nombreuses applications collaboratives fonctionnent uniquement en couplage très fort avec un partage d'écran identique (WYSIWIS strict) tels que Microsoft *NetMeeting* ou *LiveMeeting*, de nombreux éditeurs collaboratifs [8] ou de partage d'environnement comme TeamRooms [9]. Les travaux de Pinelle et Gutwin [6] ont montré l'aspect contraignant du WYSIWIS strict et que, suivant, les activités, le WYSIWIS relâché est plus approprié mais plus difficile à mettre en œuvre. Plus généralement, d'après [7], il existe trois grandes approches pour concevoir un collecticiel qui soit capable de traiter le cas des activités faiblement couplées : les systèmes temps-réel, le WYSIWIS strict et relâché, les systènes asynchrones.

La seconde, qui se place du point de vue organisationnel, vise à définir le couplage au niveau activité [5] :

> *Le travail fortement couplé implique deux ou plusieurs personnes dont le travail est directement dépendant de l'un et de l'autre et ce travail implique notamment un nombre d'interactions entre eux afin d'accomplir la tâche. Certaines de ces interactions relèvent de la communication ou de la négociation pour aboutir à une solution ... À l'extrême inverse, le travail faiblement couplé est une activité pendant laquelle les personnes sont informées des activités et décisions des autres sans ressentir le besoin d'obtenir des précisions ou de négocier pour mener à terme leur tâche.*

Cette définition est affinée par [6] : le couplage se caractérise par trois dimensions qui identifient la nature des relations entre éléments couplés, un élément pouvant être un utilisateur, un groupe ou un objet. La première dimension, nommée *interdépendance*, vise à définir si la conséquence d'une action d'un élément a un impact fort (*strongly*) ou faible (*weakly*) sur les autres éléments. La seconde dimension, nommée *différentiation*, indique si les éléments sont distincts ou non. La troisième dimension, nommée *intégration*, définit le degré de coordination, c'est-à-dire si les éléments nécessitent une synchronisation régulière ou non. À l'aide de ces trois dimensions, un degré de couplage faible se caractérise par un degré faible de *différentiation*, un degré élevé d'*interdépendance*, et un degré faible d'*intégration*. À l'inverse, un couplage fort est caractérisé par un degré élevé de *différentiation*, un degré faible d'*interdépendance* et un degré élevé d'*intégration*. De plus, selon les auteurs, si ces éléments sont deux utilisateurs, la *différentiation* se fait sur la base des rôles endossés par ceux-ci ce qui offre une séparation logique et claire du travail pour chaque individu.

À la lumière de ces travaux et de ces deux définitions visant à caractériser le couplage (organisationnel vs interactions), nous forgeons une hypothèse selon laquelle le couplage ne se caractèrise pas par une unique dimension mais par au moins deux dimensions. Cette hypothèse fait écho à l'intuition formulée par Tang et al. [14] qui montre de manière expérimentale qu'il existe au moins six degrés de couplage variant entre « faible » et « fort » et que ces degrés seraient répartis selon plusieurs dimensions orthogonales. En l'occurrence, l'hypothèse que nous formulons est que le degré de couplage dépend d'abord de l'activité ; il s'agit de la première dimension. Pour cela, nous nous appuyons sur la définition de Olson [5] citée plus : pour caractériser une activité fortement couplée d'une activité faiblement couplée, nous nous appuyons sur le critère de *différentiation* mis en évidence par [6]. En effet, deux individus sont fortement couplés s'ils endossent un même rôle associé à une même activité. Ainsi, le long de cette dimension, le couplage est faible lorsque les rôles sont différents car cela signifie que les tâches à réaliser sont distinctes (séparation logique des éléments).

La seconde dimension couvre l'aspect Interaction Utilisateur afin de prendre en compte la notion de couplage exprimée par le degré de WYSIWIS. Cependant, comme nous l'avons évoqué en introduction, nous nous plaçons du point de vue de l'interaction multimodale pour raisonner plus globalement en terme de couplage entre modalités en entrée et en sortie. En effet, ceci nous permet

de nous ne pas nous restreindre à modalités graphiques en sortie, ce qui est le cas lorsque l'on raisonne uniquement en terme de WYSIWIS. En effet, cette restriction ne permet pas de prendre en compte d'autre modalités qui rendent perceptible le couplage comme les modalités qui se base sur l'haptique [2].

Degrés de couplage		Dimension activité		
		Non couplé *individuel*	Faible *coopératif*	Fort *collaboratif*
Dimension Interaction Utilisateur	Non couplé	DP	D	D
	Faible	?	V	SPDA
	Intermé-diaire	?	V	VE
	Fort	?	V	SPSA

Tableau 1 : Matrice des degrés de couplage.

Ainsi, comme le montre la matrice représentée par le tableau 1, ces deux dimensions nous permettent de faire l'hypothèse de l'existence d'au moins douze degrés de couplage. En effet, le long de la dimension activité, nous considérons trois degrés de couplage : non couplé, faible et fort. Ces trois degrés correspondent aux trois grands types de tâche lorsque l'on considère une activité de groupe : les tâches individuelles, coopératives (rôles différents) et collaboratives (rôles identiques). Pour cela, nous nous appuyons sur la définition de Pinelle et Gutwin décrite plus haut (critère de *différentiation*). Le long de la dimension interaction utilisateur, nous considérons quatre degrés de couplage : non couplé, faible, intermédiaire et fort. Les degrés fort et faible, comme nous l'évoquons plus haut, sont associés au mode d'interaction WYSIWIS strict et relâché. Nous avons introduit un degré intermédiaire : intuitivement, nous nous doutons qu'il existe des valeurs intermédiaires entre ces deux degrés. Il nous semble que ce degré offre une analogie avec la notion « presque WYSIWIS » (*near WYSIWIS*) [3] qui est souvent mentionnée dans la littérature : ce terme est employé pour une interface utilisateur d'un collecticiel fortement couplée sauf au niveau des interacteurs liées à des tâches articulatoires comme les barres de défilement ou une saisie en cours dans un champ texte.

Enfin, nous avons ajouté le cas où il n'y a pas de couplage ; ce cas est souvent occulté. Toutefois, a priori, seuls neufs degrés semblent présenter un sens car il ne semble pas pertinent d'avoir un couplage au niveau interface lorsqu'il n'y a pas de couplage au niveau activité (nous avons ignoré les trois degrés marqués par le symbole **?** dans la matrice représentée par le tableau 1 ; les autres sigles sont commentés dans la partie discussion). Cette hypothèse reste à confirmer. Afin de valider cette décomposition du couplage en deux dimensions, nous avons donc mené une première expérimentation visant à mettre en évidence que l'on peut faire varier le couplage au niveau interactif pour une activité fortement couplée. La seconde expérimentation, non présentée dans cet article, aura un objectif similaire pour une activité fortement couplée. C'est cette première expérimentation qui est décrite dans la suite.

EXPÉRIMENTATION

Le but de cette expérimentation est de vérifier nos hypothèses afin de mettre en évidence que le couplage varie selon deux dimensions en jouant sur le couplage au niveau activité et au niveau interface. Pour ce dernier, nous raisonnons sur le couplage en terme de combinaisons de modalités en entrée et en sortie. En particulier, lorsque les modalités en sortie sont identiques nous retrouvons le cas du WYSIWIS strict. Lorsque les modalités en sortie sont différentes pour un modèle identique (seul le point de vue change), nous retrouvons le cas du WYSIWIS relâché. Pour cela, nous avons développé deux applications basée sur le jeu qui mettent en œuvre plusieurs combinaisons de modalités d'interaction en entrée et en sortie.

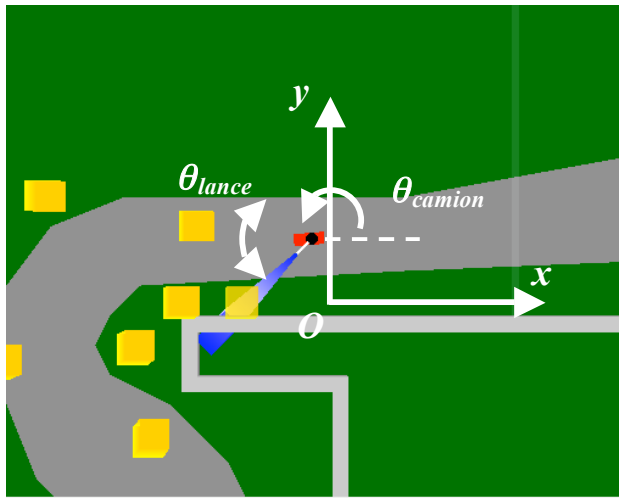

Figure 1 : Vue de dessus (MS_1).

La première application, inspirée de [13], est un jeu nécessitant deux utilisateurs. Il s'agit d'éteindre des feux dispersés le long d'une route à l'aide d'un camion de pompier muni d'une lance à incendie. Nous avons identifié deux rôles distincts associés à deux tâches. Le premier est le conducteur du camion (rôle R1) qui doit donc suivre la route avec pour objectif de parcourir le circuit le plus rapidemment possible. Le conducteur dispose de trois tours pour réaliser le meilleur temps. Le second rôle est le contrôleur de la lance à incendie (rôle R2) dont la tâche est d'orienter la lance et d'activer le jet d'eau ; son objectif est d'éteindre tous les feux dispersés le long de la route. D'après la définition donnée par [6], il y a une séparation logique des tâches avec des rôles différents. Le couplage est donc faible le long de la dimension activité. Nous souhaitons donc mettre en évidence que nous pouvons faire varier le degré de couplage le long de la

seconde dimension. Pour cela, nous avons considéré deux modalités en entrée et trois modalités visuelles en sortie. Nous nous intéressons comment les utilisateurs perçoivent le couplage pour différentes combinaisons de modalités.

Comme le montre la figure 1, la première Modalité en Sortie (MS_1) représente une vue de dessus du circuit. Elle représente une vue partielle mais suffisamment large pour anticiper la trajectoire et la position des feux. La route est représentée en gris, les feux sont représentés par des cubes jaunes et le camion par un rectangle rouge. La jet est représenté par un cône bleu dont la puissance est fixe. Pour éteindre un feu, il faut que l'extrémité du jet soit en contact avec le cube pendant plusieurs secondes. L'extinction progressive est symbolisée par une disparition du cube par effet de transparence. Si un feu n'est pas éteint du premier coup, le joueur peut l'éteindre au second passage. Dans cette vue, comme le montre la figure 1, nous considérons un référentiel euclidien dont l'origine est situé au centre de la carte. L'orientation du camion est donnée par la variable θ_{camion}. L'orientation de la lance à incendie est donnée par la variable θ_{lance} et la valeur peut varier entre $\theta_{camion} - \theta_{MAX}$ et $\theta_{camion} + \theta_{MAX}$.

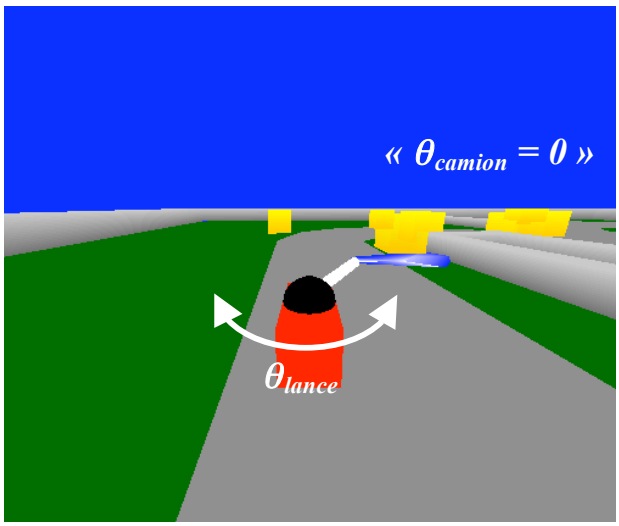

Figure 2 : Perspective dans le référentiel du camion (MS_2).

La seconde Modalité en Sortie (MS_2) représente une vue en perspective dans le référentiel du camion comme le montre la figure 2.

La troisième Modalité en Sortie (MS_3) représente également une vue en perspective mais cette fois-ci dans le référentiel de la lance comme le montre la figure 3. Cette représentation est typique des jeux comme Doom que l'on nomme *First Person Shooter* (FPS). Avec ce type de représentation, l'objet manipulé (très souvent la main ou une arme) est fixe à l'écran : le personnage et le décor bougent relativement à cet objet.

Pour chacune de ces trois vues, nous nous appuyons sur un modèle 3D identique et ayant les même réactions afin d'avoir une cohérence de comportement lors de nos expérimentations. Cette application a été développée en Java et nous avons utilisé la technologie Java 3D pour la réalisation de ces trois modalités. Pour obtenir les trois vues, nous avons simplement déplacé la position de la caméra afin d'obtenir les mouvements désirés. Pour les deux premières modalités, la caméra bouge en fonction de la position du camion ; pour la troisième, la caméra est positionnée et orientée en fonction de la position et de l'orientation de la lance à incendie.

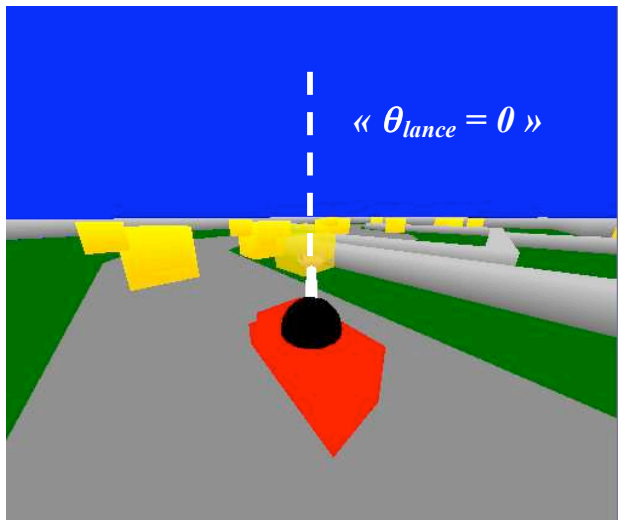

Figure 3 : Perspective dans le référentiel de la lance (MS_3).

Pour chaque rôle, nous avons assigné une Modalité en Entrée (ME_1). Le premier rôle (R1) contrôle le camion en faisant varier la valeur de l'angle θ_{camion} entre 0° et 360° sans contrainte (façon visse sans fin) et le retour visuel associé à cette modalité est l'orientation 3D du camion. La seconde modalité en entrée (ME_2), assignée au rôle R2 permet de contrôler la valeur de l'angle θ_{lance} sachant que cette valeur ne peut pas varier au delà de l'intervalle défini plus haut. Le retour visuel associé à cette modalité est l'orientation de la lance et du jet. De plus, cette modalité permet de contrôler l'activation du jet ce qui se traduit par l'apparition du cône bleu.

	Rôle R1 (camion)	Rôle R2 (lance)
Couplage fort	MS1	MS1
Couplage intermédiaire	MS1	MS3
Couplage faible	MS1	MS2

Tableau 2 : Trois niveaux de couplage au niveau IU.

Comme le montre le tableau 2, nous identifions trois niveaux de couplage le long de la dimension Interface Utilisateur (IU) qui correspondent à différentes combinaisons de modalités en sortie. Pour les besoins de

l'expérimentation nous en avons retenus trois, une par niveau afin de couvrir les degrés de couplage suivants :

- *Couplage fort* : afin d'être cohérent avec la notion de WYSIWIS strict, les deux joueurs utilisent la même vue pour deux tâches distinctes réalisées dans un même espace partagé. Avec cette combinaison, outre que le couplage est évident en sortie, la modalité en entrée ME_2 du rôle R2 est fortement couplée à la modalité en entrée ME_1 du rôle R1. En effet, le contrôleur de la lance doit gérer quatre paramètres : l'orientation de la lance, la position du camion, l'orientation du camion et la position des feux. Le couplage de la modalité en entrée ME_2 avec la modalité ME_1 est dû au fait que l'orientation de la lance doit être ajustée en fonction de l'orientation du camion. En effet, l'orientation de la lance donnée par l'angle θ_{lance} dont l'intervalle de valeur dépend de l'angle θ_{camion} comme indiqué plus haut.

- *Couplage faible* : Les vues sont différentes ; il s'agit donc d'un couplage type WYSIWIS relâché. De plus, le couplage sur les modalité en entrée est plus faible car la modalité ME_2 ne dépend plus de la modalité ME_1. En effet, la modalité en sortie MS_2 place la caméra dans le référentiel du camion. Dans ce référentiel, comme le montre la figure 2, l'intervalle de valeur le long duquel peut varier l'angle θ_{lance} ne dépend plus de l'angle du camion. En effet, la variable varie dans un intervalle fixe dont les bornes sont $-\theta_{MAX}$ et θ_{MAX}. Dès lors, le nombre de paramètres devant être contrôlés par le rôle R2 sont réduits : l'orientation de la lance et la position relative des feux.

- *Couplage intermédiaire* : dans cette configuration, les vues sont différentes. A priori, il s'agit alors d'un couplage du type WYSIWIS relâché. Cependant, notre faisons l'hypothèse qu'il s'agit d'un degré intermédiaire entre les deux car le contrôles des paramètres est indirect, y compris l'orientation de la lance. En effet, dans la vue MS_3, la caméra est placée dans le référentiel de la lance. Par conséquent, le retour visuel de la lance est fixe à l'écran. Il y a donc un découplage entre le contrôle de l'orientation de la lance et sa représentation puisque, relativement au référentiel de la lance, l'angle θ_{lance} est toujours égal à 0. Le contrôle de la lance est bien indirect car le déplacement des feux dans le décor dépend alors à la fois de l'orientation du camion et de la lance. Il existerait toujours une forme de couplage entre les modalités en entrée mais cette fois-ci indirecte. Enfin, il s'agit d'un niveau intermédiaire car, outre le le contrôle, l'aspect visuel offre de fortes similarités avec la modalité employée pour le couplage faible.

PRÉPARATION ET DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIMENTATION

Pour cette expérimentation, nous avons fonctionné selon la méthode du magicien d'Oz pour plusieurs raisons. Premièrement, pour cette application, seul le second rôle subit les effets du couplage. En effet, les tâches et les objectifs sont distincts mais la visée des feux est tout de même liée à la conduite du camion. Deuxièment, un des critères d'évaluation est la performance. En l'occurrence, pour le second rôle, il s'agit du nombre de feux éteints. Suivant la qualité de la conduite, ce critère peut très vite s'avérer faussé. C'est pour ces raisons que nous avons restreint le nombre de combinaison de modalités.

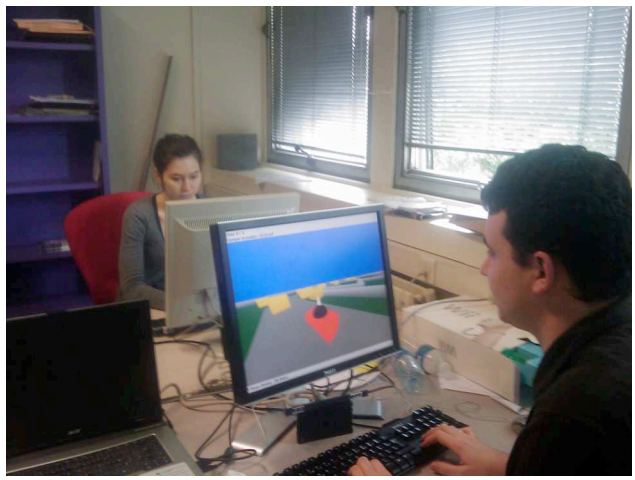

Figure 4 : Disposition pour l'expérimentation.

Ainsi, au préalable, nous avons enregistré une conduite non simulée le long du circuit mais qui reflète réellement une conduite réalisée par un être humain. C'est cette trace qui a été utilisée pour l'ensemble des expérimentations. Comme le montre la figure 4, le conducteur du camion et le contrôleur étaient placés en face à face par écran interposé. Afin de conditionner le sujet chargé de contrôler la lance en situation réelle, nous avons précisé qu'il s'agissait d'un jeu à deux et quels étaient les tâches et objectifs de chacun sans préciser que le comportement du conduteur était simulé.

L'expérimentation a été menée avec 16 sujets agés de 20 à 45 ans dont :

- 12 sujets masculins et 4 sujets féminins,
- 4 sujets jouant très peu,
- 5 sujets jouant régulièrement (*hard core gamers*),
- 13 sujets travaillant dans le domaine de l'informatique.

Afin de se familiariser avec les modalités d'interaction en entrée et en sortie, le sujet pouvait s'entrainer pendant quelques minutes sur un circuit très simple avec trois feux à éteindre. Afin de contribuer au conditionnement, la conduite du camion n'était pas simulée car réalisée en temps-réel par notre magicien. Après cette phase d'entrainement, le sujet observé avait pour consigne

d'éteindre 30 feux répartis le long d'un grand circuit sachant que le circuit devait être parcouru trois fois de suite ; un tour durant environ une minute. Le scénario était rejoué pour chacune des modalités en sortie. Afin de limiter le biais induit par l'effet d'apprentissage nous avons brassé l'ordre d'utilisation des modalités. Au final, toutes les combinaisons d'ordre ont été testées pratiquement trois fois.

Du point de vue technique, le jeu a été déployé sur un Mac Pro équipé de 2 processeurs Xéon deux cœurs 3GHz et d'une carte graphique NVidia double sorties, de deux écrans DELL 16/9, deux claviers et d'un contrôleur bouton type visse sans fin.

ÉVALUATION ET RÉSULTATS

À l'issue de chaque phase de jeu, nous avons posé une série de questions sur la modalité ainsi que des questions d'ensemble à l'issue des trois sessions de jeu. Pour chaque session, nous avons noté le score et demandé à chaque sujet de noter l'impact de la conduite sur la tâche à réaliser (note de 1 à 10), de noter la jouabilité de la modalité (note de 1 à 10) et de commenter le choix de ses notes. Pour conclure, chaque sujet devait indiquer quelles étaient les modalités pour lesquelles ils ont le plus et le moins ressenti la contrainte induite par la conduite ; nous avons demandé aux sujets de motiver ces choix. Enfin, en guise de commentaire libre, nous avons questionné les sujets sur l'application en elle-même en dehors des aspects graphiques. Pour toute les sessions, nous avons enregistré les actions et conservé les traces de leurs interactions.

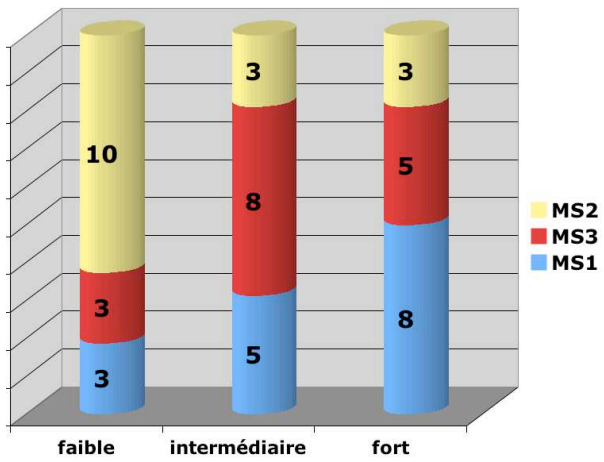

Figure 5 : Classement des modalités de la moins contraignante (faible) à la plus contraignante (fort).

Comme le montre la figure 5, il en ressort que 62% des sujets se sentent peu contraints par la conduite avec la modalité MS_2, contre 19% pour la modalité MS_1 et 19% pour la modalité MS_3. La figure 5 présente le classement des modalités par chaque sujet suivant le degré de ressenti de la contrainte induite par la conduite (de la moins contraignante à la plus contraignante), dans 62% dans des cas, la modalité MS_2 est jugée la moins contraignante (ce chiffre reprend celui cité plus haut, avec μ = 5,33 et σ = 4,04) ; la modalité MS_1 est jugée la plus contraignante dans 50% des cas (μ = 5,33 et σ = 2,51) ; la modalité MS_3 est située entre les deux également dans 50% des cas (μ = 5,33 et σ = 2,51). Cette répartition est corroborée par les scores obtenus et les différentes notes attribuées.

Du point de vue de l'activité collaborative, aucun des sujets n'a mentionné que la tâche à accomplir (orienter la lancer pour éteindre les feux) étaient liée d'une façon ou d'une autre à la tâche accomplie par le conducteur (couplage faible). La moitié d'entre eux ont même expliqué qu'ils avaient bien perçu la nature collaborative de l'activité : « *rigolo d'être à deux* », « *jouer à deux, c'est sympa* » ; et qu'ils se sentaient indépendant du conducteur : « *on oublie le conducteur* », « *on ne sent pas assez la présence de l'autre* ». L'un deux a d'ailleurs bien perçu la notion de rôle car il trouve « *intéressant le concept de deux rôles déterminés et différents* ». De plus, la grande majorité des sujets a eu l'impression que la contrainte relevait plus de la dimension interaction : « *difficile de s'adapter au mouvement* », « *quand le camion bouge on ne peut pas prévoir* […] », « *on est destabilisé par le changement d'orientation* », etc. Ces réponses semblent nous confirmer que les tâches collaboratives étaient bien perçues comme étant faiblement couplées.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les résultats observés semblent confirmer nos hyptohèses quant à l'existence des trois degrés de couplage et de leur hiérarchie. Toutefois, il ne s'agit que d'une approche expérimentale et exploratoire. Si les résultats peuvent être relativement concluant pour le couplage faible, il convient d'être prudent pour les autres degrés même si les résultats semblent être prometteurs. Il conviendrait de mener ces observations sur un échantillon plus large pour confirmer cette tendance. De plus, cette expérience ne couvre qu'un aspect de nos hypothèses formulées plus haut. En effet, nous préparons une autre expérimentation afin de mettre en évidence divers degrés de couplage selon la dimension interaction utilisateur pour une activité collaborative fortement couplée. De nouveau, il s'agit de mettre en évidence que le degré de couplage est une variable à au moins deux dimensions confirmant ainsi l'intuition formulée Tang et al. [14]. Ces derniers ont identifiés par l'observation six degrés de couplage, du plus fortement couplé au plus faiblement couplé, pour des activités collaboratives menées autour d'une table interactive : même problème, même zone (SPSA) ; l'un travaille, l'autre regarde tout en étant impliqué (VE) ; même problème, zones de travail différentes (SPDA) ; l'un travaille, l'autre regarde avec une faible implication (V) ; non impliqué : l'un travaille, l'autre est desengagé (D) ; problèmes différents (DP). Comme le montre le ta-

bleau 1, ces six degrés se retrouvent dans notre matrice. Pour les trois premiers, les utilisateurs sont impliqués dans la même tâche avec le même but mais avec des interactions plus ou moins couplées (communication ou zone de travail différente). On retrouve donc la hiérarchie observée par Tang et al. Pour les trois derniers degrés, les auteurs pensent qu'ils ne sont pas sur la même dimension. En effet, il nous semble que le couplage, aussi bien au niveau interaction (V et D) qu'au niveau activité (D et DP), le degré de couplage est faible voire inexistant. Le degré DP correspondrait à notre degré le plus faible où il n'y a aucun couplage au niveau interaction et tâche puisqu'il n'y a aucune collaboration.

L'approche développée dans cet article n'est qu'une partie d'un travail qui s'inscrit dans un contexte plus large visant à étudier le rapport entre les interfaces multimodales et multiutilisateurs. Les travaux pionniers sur le thème des interfaces collaboratives abordent la problématique du couplage et sa prise en compte au sein d'une application collaborative font souvent l'hypothèse implicite que les utilisateurs interagissent entre eux à travers (1) l'utilisation d'un ensemble de dispositifs classiques et homogènes (ordinateur de bureau, souris, clavier et, selon les applications, un microphone, des écouteurs et une caméra vidéo), (2) une interface utilisateur identique reposant sur un même paradigme d'interaction (WIMP en général). Historiquement, cette hypothèse est légitime et réaliste. Bien que cette hypothèse soit toujours d'actualité, elle devient jour après jour de plus en plus restrictive au regard de la diversité toujours plus grande des dispositifs disponibles à un coût toujours plus faible : téléphone mobile, GPS, smartphone, netbook, baladeurs, laptop, surfaces interactives, nabaztag ou tout autre dispositif aussi hétéroclite et muni de capteurs et de moyens de communication. Désormais, il est courant d'interagir avec d'autres utilisateurs ne disposant pas des mêmes moyens d'interaction que ce soit en terme de dispositif et/ou de modalité. Ce constat pose de nombreux problèmes : est-ce que les modalités sont équivalentes pour rendre observable l'activité de groupe (*group awareness*) ? Du fait du dispositif ou des ressources d'interactions, y-a-t-il des utilisateurs pénalisés car les modalités offre une interaction dégradée vis-à-vis des autres ? Comment combiner des modalités (rédondance, complémentarité) pour palier à ces déficiences ? etc. Aussi, notre objectif à plus long terme est de s'inscrire dans cette tendance qui vise à étudier ces deux aspects et qui émerge depuis quelques années, notamment avec le succès des tables interactives [15].

BIBLIOGRAPHIE

1. Begole, J., Rosson, M., Shaffer, C. *Flexible Collaboration Transparency: Supporting Worker Independence in Replicated Application-Sharing Systems*. ACM Transactions on Computer Human Interaction (ToCHI), Vol. 6, No. 2, 1999, pp. 95-132.
2. Brave, S., Ishii, H., Dahley, A. Tangible interfaces for remote collaboration and communication. In *Proceedings of ACM Conference on ACM Computer Supported Cooperative Work CSCW'98* (November 14-18, 1998, Seattle, Wahsington, USA), ACM Press, New-York, pp. 169-178.
3. Dewan, P., Sharma, A. En Experiment in Interoperating Heterogeneous Collaborative Systems. In *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work ECSCW'99* (September 12-16, 1999, Copenhagen, Denmark), Springer, pp. 371-390.
4. Dewan, P., Choudhary, R. *Coupling the User Interfaces of a Multiuser Program*. ACM Transactions on Computer Human Interaction (ToCHI), Vol. 2, No. 1, 1995, pp. 1-39.
5. Olson, J., Teasley, S. Groupware in the Wild: Lessons Learned form a Year of Virtual Collocation. In *Proceedings of ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work CSCW'96* (November 16-20, 1996, Boston, MA, USA), ACM Press, New-York, pp. 419-427.
6. Pinelle, D., Gutwin, C. A Groupware Design Framework for Loosely Coupled Workgroups. In *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work ECSCW'05* (September 18-22, 2005, Paris, France), Springer, pp. 65-82.
7. Pinelle, D. *Designing CSCW Applications to Support Loose Coupling in Organizations and Groups*. Technical Report, Department of Computer Science, University of Sasktchewan, 2004, 36 pages.
8. Prakash, A. Group Editors. *Computer-Supported Cooperative Work* (Beaudouin-Lafon, M., eds.), Trends in Software, pp. 103-133, John Wiley & Sons, 1999.
9. Roseman, M., Greenberg, S. TeamRooms: Network Places for Collaboration. In *Proceedings of ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work CSCW'96* (November 16-20, 1996, Boston, MA, USA), ACM Press, New-York, pp. 325-333.
10. Roussev, V., Dewan, P. Supporting High Coupling and User-Interface Flexibility. In *Proceedings of the Ninth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work ECSCW'05* (September 18-22, 2005, Paris, France), Springer, pp. 45-64.
11. Salvador, T., Scholtz, J., Larson, J. *The Denver Model for Groupware Design*. ACM Special Interest Group Computer-Human Interface bulletin (SIGCHI), Vol. 28, No. 1, 1996, pp. 52-58.

12. Stefik, M., Bobrow, D.G., Lanning, S., Tatar, D. WYSIWIS Revised: Early Experiences With Multi-User Interfaces. In *Proceedings of ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work CSCW'86* (December 3-5, 1986, Austin, Texas, USA), ACM Press, New-York, pp. 276-290.

13. Stuckel, D., Gutwin, C. The Effects of Local Lag on Tightly-Coupled Interaction in Distributed Groupware. In *Proceedings of ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work CSCW'08* (November 8-12, 2008, San Diego, California, USA), ACM Press, New-York, pp. 447-456.

14. Tang, A., Tory, M., Po, B., Neumann, P., Carpendale, S. Collaborative Coupling over TableTop Displays. In *Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'06* (April 22-27, 2006, Montréal, Québec, Canada), ACM Press, New York, pp. 1181-1190.

15. Tse, E., Greenberg, S., Shen, C. Motivating Multimodal Interaction Around Digital Tabletops. In *Proceedings of ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work CSCW'06* (November 11, 2006, Banff, Alberta, Canada), ACM Press, New-York.