

# RAZZLE : de la conception à l'évaluation d'un système mobile et multimodal

Céline Coutrix, Laurence Nigay

CLIPS-IMAG

385, rue de la Bibliothèque

38041 Grenoble cedex 9

+33 476 51 44 40

{Celine.coutrix,  
Laurence.Nigay}@imag.fr

Laurence Pasqualetti

Division R&D

38-40 rue de Général Leclerc

92794 Issy les Moulineaux

laurence.pasqualetti@  
orange-ft.com

Philippe Renevier

I3S

930 route des Colles

06903 Sophia Antipolis Cedex

Philippe.Renevier@unice.fr

## RÉSUMÉ

La multimodalité offre plus de souplesse d'interaction avec les systèmes mixtes. Elle pourrait donc être utilisée en contexte mobile. Le contexte d'utilisation des systèmes mobiles est par définition très variable : le contexte physique (par exemple le bruit) peut varier, mais aussi le contexte social. La multimodalité est donc un bon candidat pour les systèmes mobiles, puisqu'elle offre plus de souplesse. Quelques travaux se sont donc penchés sur la question de la multimodalité en contexte mobile, mais pas du point de vue de l'utilisabilité. Dans cet article, nous présentons la conception d'un système mobile et multimodal, RAZZLE, en utilisant notre modèle d'interaction mixte. Nous présentons ensuite son évaluation ergonomique. Notre but est d'évaluer l'intérêt de la multimodalité du point de vue de l'utilisateur dans un contexte mobile.

## Mots-clés

Modalité d'interaction, Multimodalité, Système mixte, Mobilité.

## ABSTRACT

Multimodality offers more flexibility for interaction and is thus a promising avenue for mobile systems. Indeed the context of use of mobile systems is by definition variable including different physical (e.g. noise) and social (e.g. intimacy) contexts of use. Multimodal interaction with the flexibility it offers to the user is therefore a good candidate for mobile systems. Several studies focus on mobile and multimodal systems but few of them relate them to usability experiments. In this article, we present the design of a mobile and multimodal system, RAZZLE, by applying our mixed interaction model and then its ergonomic evaluation. Our aim was to assess the multimodal interaction for a mobile user.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

*Ubimob '06*, September 5–8, 2006, Paris, France.

Copyright 2006 ACM 1-59593-467-7/06/0009...\$5.00.

## Categories and Subject Descriptors

D.2.2 [Software Engineering]: Design Tools and Techniques - *User interfaces*. H.5.2 [Information Interfaces And Presentation] User Interfaces - *Evaluation/methodology, Graphical user interfaces, Interaction styles*.

## General Terms

Design, Experimentation, Theory.

## Keywords

Interaction Modality, Multimodality, Mixed Systems, Mobility.

## 1. INTRODUCTION

Dans de très nombreuses disciplines, la mobilité remet en cause les connaissances accumulées. À leurs débuts, les travaux sur la multimodalité en interaction homme-machine sont effectués dans un environnement fixe, comme la démonstration du « Put that there » de Richard Bolt. La multimodalité, dans ce contexte, a ouvert un plus grand champ de possibilités d'interaction aux utilisateurs de systèmes informatiques, leur offrant plus de souplesse. Mais aujourd'hui, l'informatique mobile est devenue un axe prépondérant dans la recherche en informatique. Quelques travaux se sont donc penchés sur la question de la multimodalité en contexte mobile, mais peu du point de vue de l'utilisabilité, comme dans [7] où l'étude porte sur la robustesse logicielle fournie par l'utilisation de la multimodalité. Or du point de vue de l'utilisabilité, l'intérêt de la multimodalité dans un contexte mobile n'est pas évident. On pourrait croire que concevoir un système mixte, permettant à l'utilisateur de ne pas perdre le contact avec le monde qu'il l'entoure, suffit à garantir l'utilisabilité d'un système mixte, mais il convient de vérifier si la multimodalité offre elle aussi une meilleure interaction en contexte mobile. Or, d'autres travaux, comme ceux présentés dans [9], ne permettaient pas aux utilisateurs d'être mobiles.

Afin d'étudier la multimodalité offerte à un utilisateur mobile, nous avons conçu et développé un système multimodal mobile décrit dans la première partie, et ce grâce au modèle d'interaction mixte[2][3]. Nous avons ensuite procédé à son évaluation ergonomique pour en retirer les résultats présentés dans la dernière partie.

## 2. LE PROTOTYPE : RAZZLE

Le système mixte multimodal et mobile testé est l'implémentation d'un jeu de réalité augmentée mobile, où l'utilisateur est équipé d'un laptop dans un sac qu'il porte sur le dos, de lunettes semi transparentes où s'affichent des informations par dessus le monde physique, d'un magnétomètre pour capter l'orientation de son regard, d'un touchpad et enfin d'un micro (Figure 1). Ainsi équipé, l'utilisateur doit se déplacer physiquement sur le terrain de jeu, un espace modélisé au préalable dans le système. Le joueur se déplace pour rechercher et ramasser des pièces de puzzle d'origine numérique éparpillées sur le terrain de jeu. Quand l'utilisateur a trouvé une pièce de puzzle, il vérifie que celle-ci est convenablement orientée en la comparant au puzzle modèle. Il la tourne si besoin pour qu'elle s'insère dans le puzzle. Enfin il peut la ramasser. Une fois toutes les pièces ramassées, le joueur peut retourner au lieu de départ pour signifier au système que le jeu est terminé.



Figure 1. Une joueuse équipée de lunettes semi transparentes et d'un capteur d'orientation.

### 2.1 Description de l'interface

L'interface a été spécifiée de la façon suivante : dans les lunettes semi transparentes, l'utilisateur voit le monde physique, mais aussi en bas à droite l'image estompée du puzzle à obtenir (Figure 2). À chaque ramassage d'une pièce, la partie correspondante dans le puzzle se trouve affichée clairement (Figure 2). De plus, puisque le but du jeu est de ramasser les pièces en un minimum de temps, le temps qui s'écoule est affiché en haut à gauche (Figure 2).

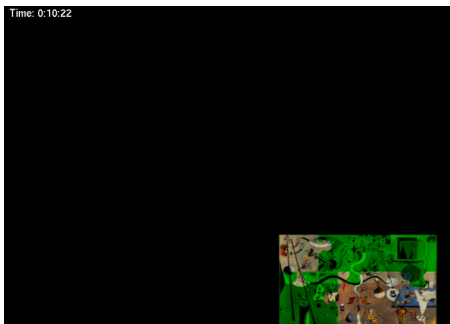


Figure 2. Vue dans les lunettes semi transparentes du joueur (les pixels noirs sont transparents)

Lorsque l'utilisateur se déplace physiquement sur le terrain de jeu, si une pièce de puzzle placée là est dans son champ de vision, le système affiche cette pièce avec la taille, la position et

l'orientation adéquates pour qu'elle semble faire partie du monde physique (Figure 3). L'utilisateur doit alors s'en approcher pour la sélectionner et agir sur elle. Lorsque le joueur est suffisamment proche, alors la pièce est sélectionnée, et le système le signifie à l'utilisateur en affichant des flèches jaunes qui pointent sur les côtés de la pièce (Figure 3).

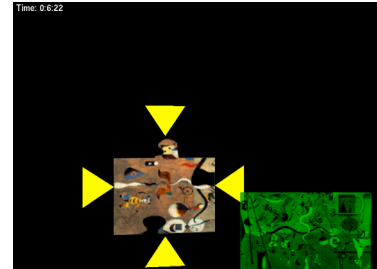


Figure 3. Une pièce est sélectionnée.

Une fois la pièce sélectionnée, le joueur compare l'image de la pièce à ramasser avec le modèle de puzzle affiché dans les lunettes semi transparentes. Si la pièce doit être tournée pour entrer dans le puzzle, le système offre trois modalités pour tourner une pièce dans le sens horaire ou antihoraire : nous décrivons la conception des modalités plus précisément grâce au modèle d'interaction mixte dans la partie suivante. En réponse à l'action de l'utilisateur, RAZZLE signifie à l'utilisateur le changement d'état de la pièce en l'affichant correctement orientée.

Une fois la pièce correctement orientée pour entrer dans le puzzle, le joueur doit la ramasser. Pour cela, le système offre encore trois modalités. Si le ramassage n'était pas possible, parce que la pièce n'était pas bien orientée pour entrer dans le puzzle, alors les flèches de sélection autour de la pièce de puzzle deviennent rouge un instant. Dans le cas contraire, si le joueur peut ramasser la pièce, alors elle est ramassée. Elle disparaît donc du terrain de jeu, et apparaît clairement à sa place dans le puzzle affiché dans les lunettes (au lieu d'être estompée).

## 3. LE MODÈLE D'INTERACTION MIXTE

Un modèle d'interaction a pour but d'aider le concepteur d'interface homme-machine dans son travail. Les pouvoirs du modèle lui permettent d'avoir un appui lors de la conception[1]. Son pouvoir descriptif permet de mieux comprendre les systèmes déjà existants, son pouvoir génératif permet de créer des techniques d'interaction, et le pouvoir comparatif d'un modèle permet de choisir entre deux techniques.

Le modèle d'interaction mixte [2][3] fournit ainsi un cadre de travail pour la conception des interfaces mixtes. Il s'appuie sur des travaux venant des interfaces graphiques [1] et des interfaces multimodales. La première notion à définir par rapport à ces travaux est la définition d'un objet mixte, car celui-ci est omniprésent dans l'interaction mixte, en tant qu'objet de la tâche ou en tant qu'outil. Le modèle d'interaction mixte définit donc un objet mixte, à partir des notions de propriétés physiques et numériques. Il étend ensuite le cadre du modèle d'interaction instrumental [1] en considérant que l'utilisateur manipule des objets mixtes grâce à une modalité d'interaction. Nous réutilisons notre définition d'une modalité d'interaction comme un couple  $(d, l)$ , où  $d$  est un dispositif qui délivre ou acquiert l'information, comme un microphone ou des haut-parleurs, et  $l$  est un langage d'interaction, c'est-à-dire un ensemble d'expressions bien formées. Cette définition respecte les distances articulatoires et sémantiques de la théorie de l'action [6]. Nous réutilisons

également les résultats concernant la composition des modalités d'interaction de [5][8].

En nous fondant sur ces travaux, nous définissons d'abord l'objet mixte avant de définir le modèle d'interaction mixte.

### 3.1 Objet mixte

Si nous définissons un objet physique comme un ensemble de propriétés physiques, et un objet numérique comme un ensemble de propriétés numériques, alors un objet mixte est défini comme un ensemble de propriétés physiques reliées à un ensemble de propriétés numériques. Pour décrire le lien entre les deux ensembles de propriétés physiques et numériques, nous considérons les deux niveaux d'abstraction d'une modalité ( $d, l$ ). Une modalité qui lie les propriétés d'un même objet mixte est appelée *modalité de liaison*, à la différence des *modalités d'interaction*. En adoptant un point de vue système, nous décrivons les modalités de liaison d'un objet mixte de la façon suivante (Figure 4) :

- En entrée du système, une modalité de liaison ( $d^e, l^e$ ) permet de :
  1. capter certaines données parmi les *propriétés physiques*, à l'aide d'un dispositif  $d^e$ , dispositif en entrée de l'objet,
  2. puis traduire ces *données physiques captées* en *propriétés numériques*, grâce à un langage  $l^e$ .
- En sortie du système, une autre modalité de liaison permet de :
  1. générer certaines données à partir des *propriétés numériques*, à l'aide d'un langage  $l^s$ ,
  2. rendre ces *données physiques générées* perceptibles par des *propriétés physiques*, grâce à un dispositif  $d^s$ .

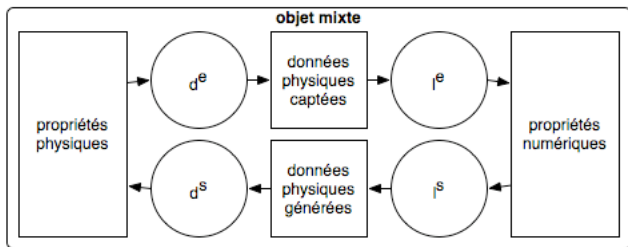


Figure 4. Un objet mixte.

Nous réutilisons dans le cas des modalités de liaison les résultats sur la composition des modalités d'interaction. Ainsi un objet mixte peut avoir une modalité de liaison composée résultant de la fusion/fission de plusieurs modalités élémentaires. Par exemple, la pièce de puzzle de RAZZLE (Figure 5) a une position et une orientation du point de vue de l'utilisateur, ces deux modalités de liaison sont donc composées en entrée et véhiculent de l'information pour mettre à jour les propriétés numériques. Au contraire, la modalité de sortie est élémentaire et consiste à afficher l'image de la pièce dans les lunettes semi transparentes.

Un tel objet mixte peut prendre part à l'interaction entre système et utilisateur en tant qu'objet de la tâche ou comme outil. Si l'objet mixte est un outil, alors l'objet mixte est le dispositif  $d$  d'une modalité d'interaction ( $d, l$ ). Maintenant que l'objet mixte

est défini, nous abordons dans le paragraphe suivant la notion de modalité d'interaction mixte.

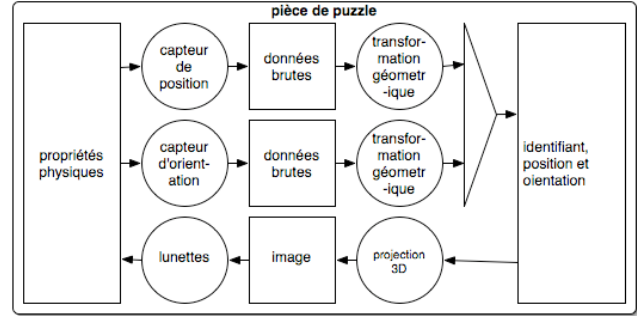


Figure 5. Le modèle mixte de la pièce de puzzle de RAZZLE.

### 3.2 Modalité d'interaction mixte

Comme décrit dans [4], un objet mixte peut participer à l'interaction en tant qu'objet de la tâche ou outil. Pour décrire l'interaction, nous étendons le modèle instrumental d'interaction [1], en considérant des objets mixtes et leurs modalités de liaison, et en considérant aussi les modalités d'interaction mises en jeu.

Dans le modèle instrumental [1], l'interaction entre l'utilisateur et l'objet de la tâche via l'interface graphique se décompose en deux niveaux. Comme le montre la figure 6, l'utilisateur fait une *action* sur l'instrument (outil), qui *réagit* directement. L'outil transforme l'action de l'utilisateur en commande ou *tâche élémentaire* qui s'applique à l'objet de la tâche. L'objet de la tâche renvoie alors une *réponse* vers l'outil et un *retour d'information* directement vers l'utilisateur.

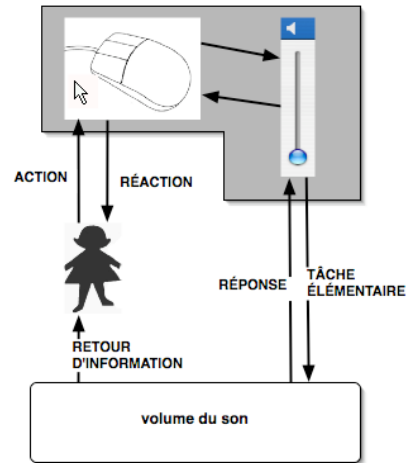


Figure 6. Le modèle d'interaction instrumental appliqué à la tâche élémentaire « augmenter le volume du son ».

Nous étendons le modèle d'interaction instrumental en affinant les définitions de l'objet de la tâche et de l'outil en objets *mixtes*. L'outil est un objet mixte appelé outil mixte, qui est le dispositif  $d$  d'une modalité d'interaction ( $d, l$ ). On a donc nécessairement un langage  $l$  d'interaction pour former la modalité d'interaction avec l'objet de la tâche. La figure 7 présente une modalité d'interaction mixte où l'outil mixte est le dispositif de la modalité d'interaction, et les langages correspondants permettent d'interagir en entrée et en sortie avec l'objet de la tâche, via la *tâche élémentaire* et la *réponse*.

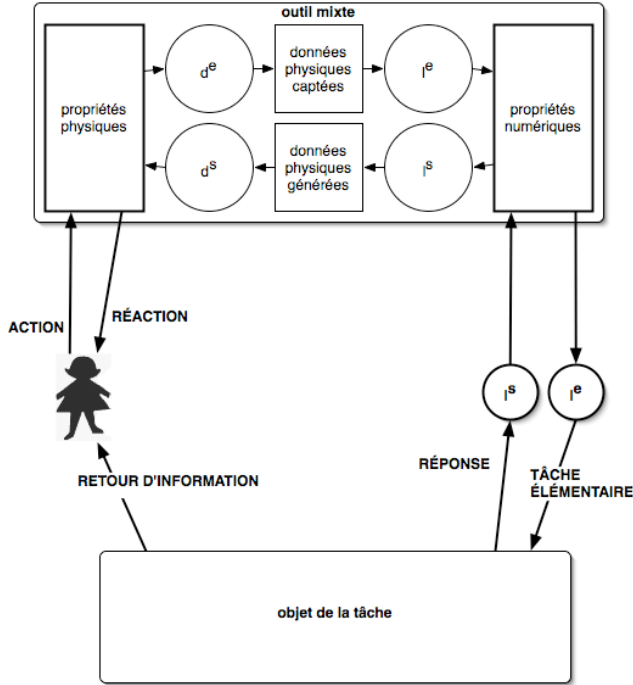


Figure 7. Une modalité d'interaction mixte.

Il peut y avoir deux langages si un outil logique est présent (Figure 8). Alors l'outil mixte est le dispositif d'une modalité d'interaction  $m_1 \rightarrow (outil\ mixte, l_1)$ . L'information qui transite par cette modalité est contenue dans les propriétés numériques de l'outil logique. À partir de cette information, un autre langage d'interaction  $l_2$  traduit les propriétés numériques de l'outil logique en tâche élémentaire, et inversement, pour traduire la réponse de l'objet de la tâche vers les propriétés numériques de l'outil logique. Nous obtenons donc une modalité  $(m_1, l_2)$  de plus haut niveau d'abstraction. À chaque niveau d'abstraction, les modalités peuvent être composées en suivant les propriétés CARE [5][8].

La Figure 8 présente le cas le plus général du modèle d'interaction mixte basé sur la notion de modalité d'interaction, où le dispositif pour manipuler un objet de la tâche est un outil mixte. L'utilisateur fait une action qui modifie les propriétés physiques de l'outil mixte. Les nouvelles propriétés physiques de l'outil mixte sont captées et traduites en entrée pour mettre à jour ses propriétés numériques. Ceci est le dispositif de la modalité d'interaction. En sortie, ces propriétés sont rendues visibles par la réaction de l'outil mixte via la modalité de sortie. La modification des propriétés numériques de l'outil mixte entraîne la modification des propriétés numériques de l'outil logique grâce au langage  $l_1^e$  de la modalité, et alors celles-ci sont traduites en tâche élémentaires qui s'applique à l'objet de la tâche via le langage  $l_2^e$ . En sortie, l'objet de la tâche répond à l'outil logique, via le langage de la modalité en sortie  $l_2^s$  (Figure 8).

Un des pouvoirs du modèle d'interaction mixte, comme tout modèle d'interaction, est son pouvoir génératif [1]. Celui-ci permet à un concepteur d'explorer de façon systématique l'espace de conception. Nous avons utilisé le modèle d'interaction mixte pour concevoir les modalités d'interaction dans RAZZLE pour tourner et ramasser les pièces de puzzle.

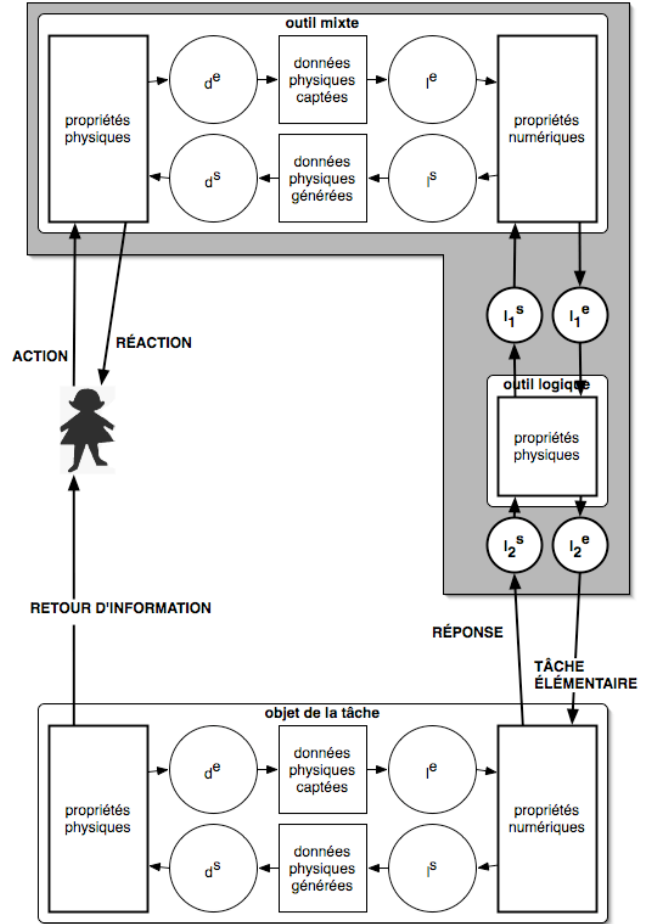


Figure 8. Le modèle d'interaction mixte.

#### 4. LES 3 MODALITES D'INTERACTION TESTEES

Les trois modalités d'interaction testées lors de l'évaluation ont été conçues suivant le modèle d'interaction mixte. Dans le modèle général d'interaction, nous avons choisi trois modalités fonctionnellement équivalentes, pour tourner ou ramasser une pièce de puzzle lors du jeu. Nous avons conçu les trois modalités suivantes à partir du cadre présenté à la Figure 9, en y insérant trois différentes modalités à l'intérieur.

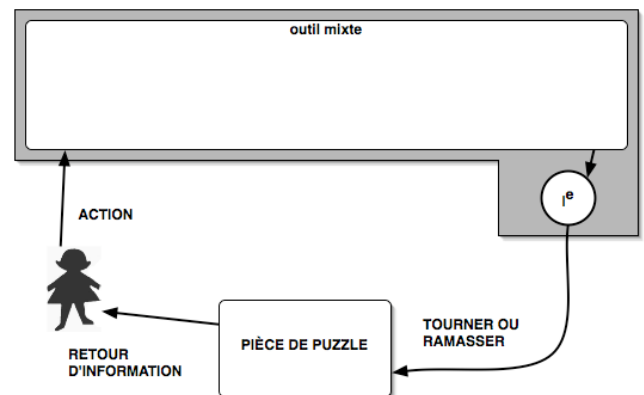


Figure 9. Un cadre pour la conception de RAZZLE.

Chaque modalité est une déclinaison possible de ce cadre général. La première est la modalité tactile qui utilise le touchpad, la seconde la modalité vocale, et la troisième la gestuelle.

### 4.1 La modalité tactile

Sur un touchpad porté au poignet, l'utilisateur fait un mouvement vers la gauche ou vers la droite. Le geste vers la gauche fait tourner la pièce dans le sens antihoraire et le geste vers la droite dans le sens horaire. Pour ramasser la pièce qu'il vient d'orienter, le joueur peut cliquer sur le bouton du touchpad. Les modalités tactiles pour tourner et ramasser une pièce mixte sont modélisées respectivement Figure 10 et 11.

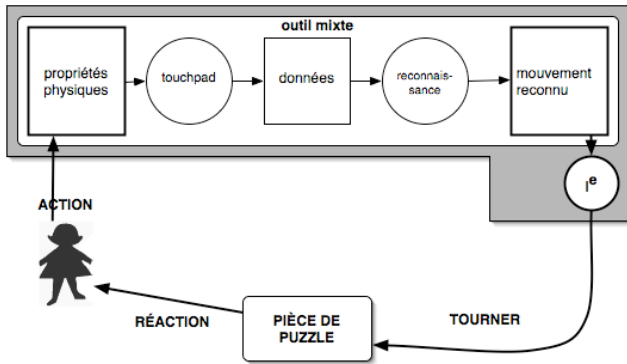


Figure 10. La modalité tactile pour tourner.

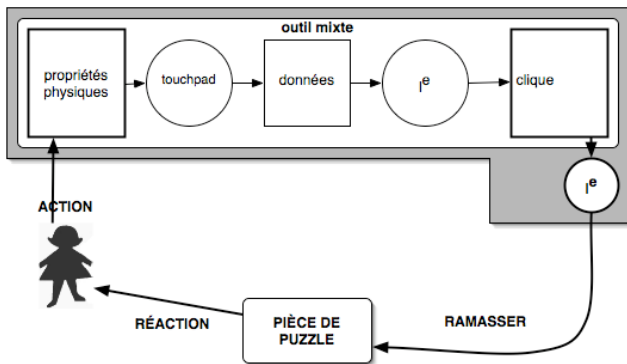


Figure 11. La modalité tactile pour ramasser.

### 4.2 La modalité vocale

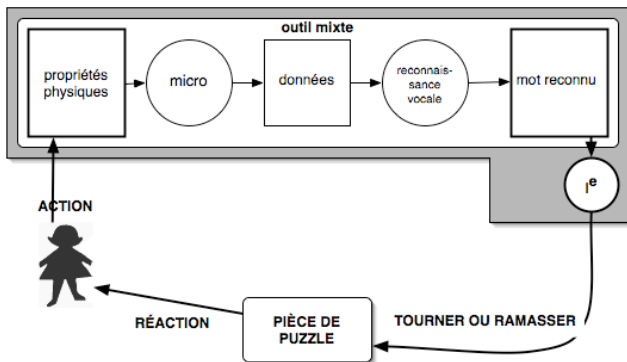


Figure 12. La modalité vocale.

À l'aide du microphone, le joueur dit qu'il veut faire tourner la pièce en précisant le sens de rotation voulu. Étaient autorisées les expressions telles que « vers la gauche », « gauche », « tourner à gauche », etc. Pour ramasser, l'utilisateur peut signifier au système en disant des mots tels que « attrape », « ramasser », « je prends », etc. qu'il veut ramasser la pièce de puzzle. La modalité vocale est représentée Figure 12.

### 4.3 La modalité gestuelle

À l'aide de sa main dirigée vers la pièce sélectionnée, l'utilisateur esquisse un geste dans le sens voulu de rotation, afin de faire tourner la pièce. Et en faisant un geste de saisie dirigée vers la pièce sélectionnée, l'utilisateur demande au système de ramasser cette pièce. La modalité gestuelle est représentée Figure 13.

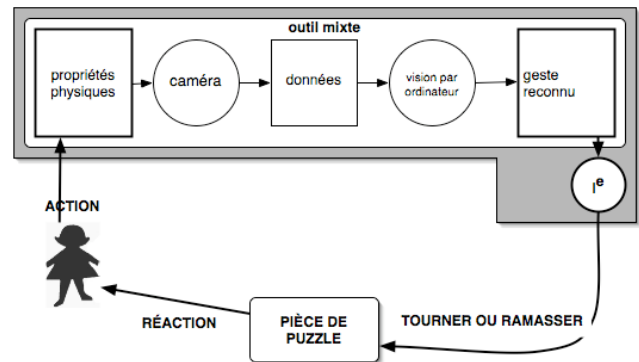


Figure 13. La modalité gestuelle.

Après avoir conçu grâce au modèle d'interaction mixte trois modalités différentes pour tourner puis ramasser les pièces de puzzle de RAZZLE, celles-ci ont été implémentées afin d'en observer l'usage par des utilisateurs mobiles. Certaines parties du logiciel ne seront pas implémentées, mais simulées grâce à la technique du magicien d'Oz.

### 4.4 Magicien d'Oz

Contrairement à certains travaux étudiant la multimodalité en contexte mobile [7], le but de l'expérimentation n'est pas d'évaluer la robustesse logicielle de la reconnaissance vocale ou de la vision par ordinateur en contexte mobile. Par conséquent, sachant que les résultats de ces technologies sont moins bons dans ce contexte, nous les simulons pour n'étudier que l'interaction lors de l'évaluation, libérée des limites technologiques actuelles. Nous avons donc opté pour le développement d'un système multimodal partiellement simulé en utilisant la technique du Magicien d'Oz. Les techniques d'interaction du type vocale et gestuelle ne sont pas implémentées, ainsi que la localisation du joueur dans la salle. En effet, lors d'expériences précédentes, la localisation avec un GPS avait aussi posé problème. La simulation est faite par un compère qui, dans une salle à part, s'occupe de traduire les actions de l'utilisateur en commande système, en observant l'utilisateur. L'interface fournie au compère est présentée Figure 14.

Le compère entend dans un casque ce que dit le joueur dans le microphone et voit ses gestes et sa position dans la salle grâce aux caméras. Le prototype prévoit une interface graphique (Figure 14), où la souris et les flèches permettent de déplacer la position du joueur dans le système. Les touches du clavier permettent de faire tourner dans les deux sens la pièce sélectionnée, et de la ramasser.

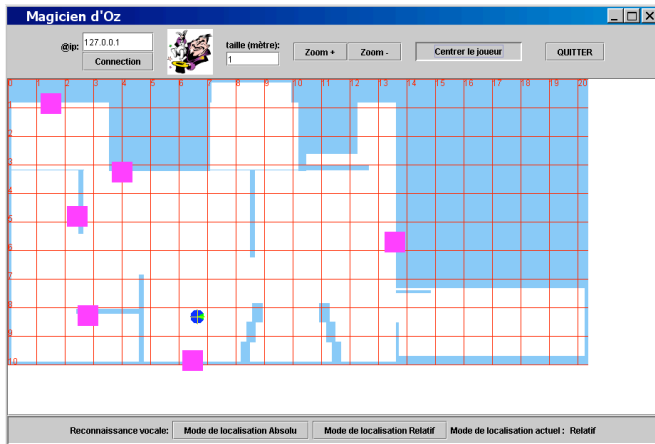


Figure 14. L'interface du magicien d'oz.

RAZZLE ainsi conçu nous a permis d'étudier l'usage des trois modalités en contexte mobile, selon le protocole expérimental qui suit.

## 5. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Les sujets qui ont participé à cette phase de l'expérimentation étaient au nombre de 10 et avaient entre 20 et 30 ans. Comme nous n'étudions pas l'influence des jeux vidéos traditionnels pour l'étude de ce jeu, nous avons choisi des sujets ayant peu d'expérience dans les jeux vidéos. Ils ont été convoqués pour trois sessions de jeu. Les trois sessions expérimentales ont été réalisées sur 6 jours. Les pièces de puzzle étaient réparties différemment sur le terrain de jeu pour chaque session. L'activité des sujets durant les sessions (d'une durée moyenne de 10 minutes) était enregistrée au moyen de différents capteurs : caméras, capteurs d'orientation, capteurs d'événements systèmes. Les sessions étaient immédiatement suivies de séances d'entretiens semi directifs qui faisaient l'objet d'un enregistrement vidéo.

Les actions des sujets, les modalités utilisées ont été recueillies au cours de l'étude à partir de film vidéo. De plus, un enregistrement des entretiens a été réalisé afin de permettre des analyses qualitatives à partir de l'identification des attentes, des intentions et des stratégies des sujets quant à l'usage des modalités.

À partir des données ainsi recueillies, nous avons procédé à leur dépouillement et analyse. Nous en présentons maintenant les résultats.

## 6. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION ERGONOMIQUE

Les premiers résultats quant à l'usage des trois modalités d'interaction viennent de l'étude de l'ensemble des utilisateurs dans sa globalité. Puis dans un second temps, d'autres traits, individuels, seront mis en relief.

### 6.1 Utilisation globale des modalités d'interaction

Un des premiers résultats obtenus sur l'utilisation des modalités montre que toutes les modalités ont été utilisées pour toutes les sessions et sujets confondus. Mais nous pouvons noter dans la Figure 15 une préférence d'utilisation pour la modalité vocale

(44,97%) par rapport aux utilisations des modalités gestuelle (30,67%) et tactile (24,34%).

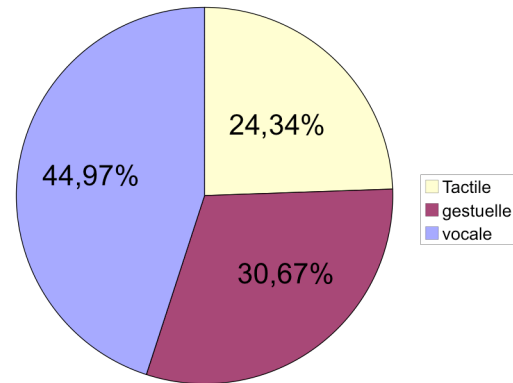


Figure 15. Taux d'utilisation des modalités pour toutes sessions et sujets confondus.

Si nous analysons l'utilisation des modalités toutes sessions confondues pour chaque sujet, les résultats indiquent également que l'ensemble des modalités a été utilisé par tous les sujets sauf un (Figure 16).

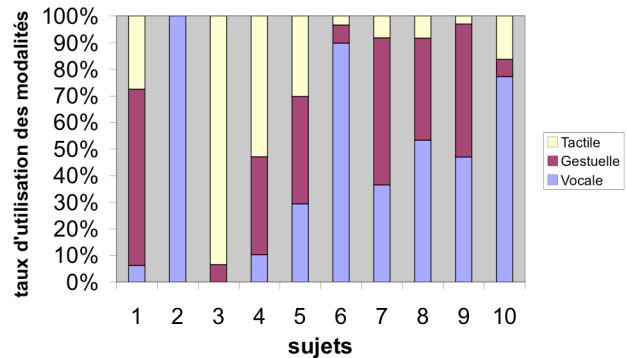
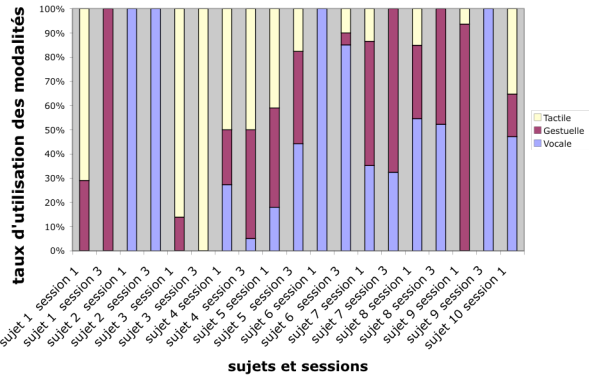


Figure 16. Taux d'utilisation des modalités par sujet (toutes commandes et sessions confondues).

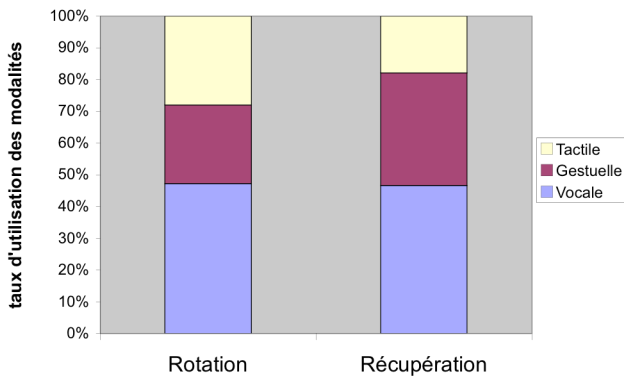
Par ailleurs, d'une session à l'autre, nous observons une évolution dans l'utilisation de la multimodalité :

- Lors des premières sessions, nous observons pour tous les sujets (sauf un), une répartition d'utilisation d'au moins deux modalités, ce qui correspond à une phase de test informel du système. Ce fait est corroboré par les données issues des autoconfrontations.
- Dans les sessions suivantes, des préférences dans l'utilisation des modalités apparaissent. Ces préférences varient en fonction des sujets. La Figure 17 présente les modalités utilisées par sujet à la première session et à la troisième session. Entre les deux sessions, les sujets ont développé une préférence pour une modalité particulière. Par exemple, le sujet 1 qui avait utilisé les modalités tactile et gestuelle à la première session, n'utilise plus que la modalité gestuelle à la troisième session.

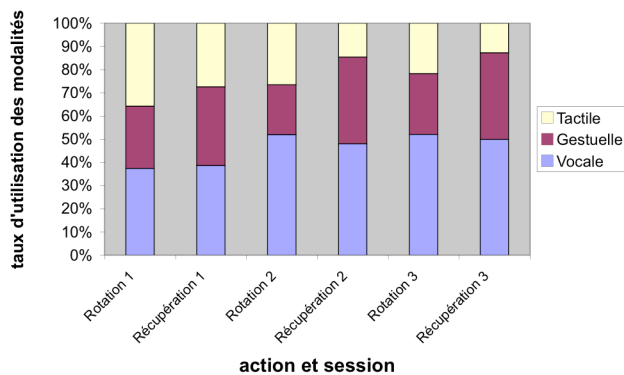


**Figure 17. Comparaison de l'usage des modalités par sujet entre la première et la troisième session (toutes actions confondues).**

De plus, si nous considérons l'ensemble des sessions, nous observons la confirmation des résultats globaux à savoir la légère domination d'une modalité commune qui serait la modalité vocale à l'ensemble des sujets pour effectuer l'une ou l'autre des actions (spécialisation remarquable dans la Figure 18).



**Figure 18. Taux d'utilisation des modalités pour une action donnée (toutes sessions et sujets confondus).**



**Figure 19. Taux d'utilisation des modalités pour chaque action et chaque session.**

En affinant les résultats et en croisant chacune des actions avec chacune des sessions comme dans la Figure 19, nous n'observons toujours pas la domination d'une autre modalité commune à l'ensemble des sujets pour effectuer l'une ou l'autre des actions. Par conséquent, s'il y a spécialisation, elle ne peut se situer qu'à un

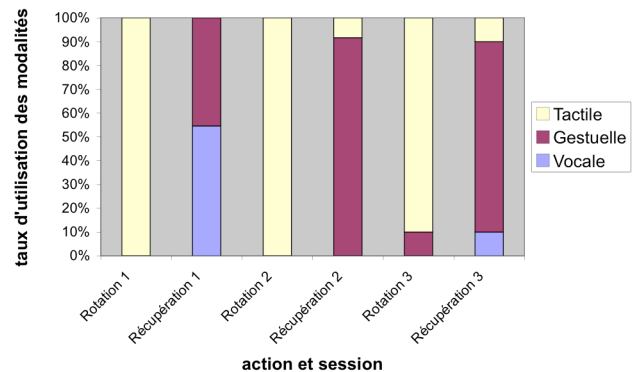
niveau individuel, ce qui nous a conduit à effectuer une analyse spécifique des données pour chaque sujet.

## 6.2 Spécialisation intra-individuelle

Comme mentionné ci-dessus, nous observons chez de nombreux sujets une tendance à utiliser préférentiellement une modalité qui peut-être associée à une action ou non. Ces tendances peuvent être :

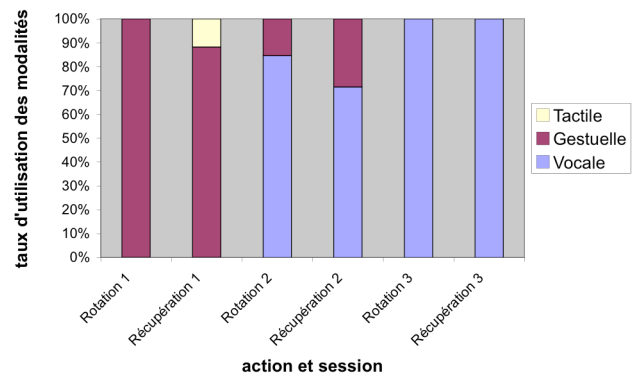
- ponctuelles : elles n'apparaissent qu'au cours d'une seule session d'interaction
- récurrentes : elles apparaissent dans d'autres sessions

Elles peuvent aussi être individualisées ou plurielles. Une utilisation individualisée correspond au cas où une même modalité est utilisée pour réaliser une seule et même commande. Dans la Figure 20, nous avons extrait les résultats du sujet 4 pour montrer un exemple de spécialisation où une même modalité est utilisée pour réaliser une seule et même commande. Nous pouvons remarquer une spécialisation rapide de la modalité tactile avec le touchpad pour effectuer les rotations et une utilisation récurrente de la modalité gestuelle pour l'action de "récupération" de la pièce.



**Figure 20. Taux d'utilisation des modalités pour chaque action et session par le sujet 4.**

Une tendance à l'utilisation plurielle des modalités apparaît quand une même modalité est utilisée pour réaliser plusieurs commandes. Dans la Figure 21, nous avons extrait les résultats du sujet 9 pour montrer un exemple de spécialisation d'une modalité quelle que soit l'action à réaliser. Nous pouvons remarquer une spécialisation rapide de la modalité vocale pour effectuer l'une ou l'autre des actions de rotation et de récupération.



**Figure 21. Taux d'utilisation des modalités pour chaque action et session par le sujet 9.**

### 6.3 Discussion

Nous avons implémenté et évalué un système multimodal de réalité augmentée en contexte mobile : RAZZLE. La modalité vocale a été la plus utilisée, ce qui montre l'intérêt de l'évaluation en magicien d'Oz pour une modalité d'interaction. Nous avons pu mettre en évidence que si la reconnaissance vocale est robuste, c'est une modalité qui est utilisée. Toutefois, restons prudents : nous expliquons ces résultats par le fait que l'expérimentation s'est déroulée dans un endroit confiné dans lequel le joueur était seul. Il serait pertinent de réaliser ces tests dans un lieu public pour voir dans quelle mesure le bruit et la présence d'autres personnes impacteraient l'utilisation de cette modalité. Un autre résultat étonnant est l'utilisabilité par l'utilisation de la modalité gestuelle qui semble naturelle aux joueurs pour « tourner » et « attraper » une pièce de puzzle. De plus, nous avons vu que l'analyse au niveau global de l'utilisation des modalités n'était pas suffisante pour mettre en évidence plusieurs tendances de spécialisation. Il nous a donc fallu réaliser une analyse individualisée. Cette analyse a montré que les utilisateurs ont tiré parti de la multimodalité dans un contexte de réalité mixte mobile.

### 7. CONCLUSION

Nous avons exposé le modèle d'interaction mixte, et utilisé son pouvoir génératif pour concevoir RAZZLE, un système mixte mobile et multimodal. Outre le pouvoir génératif, le concepteur peut se servir du pouvoir comparatif [1] du modèle d'interaction mixte. Le pouvoir comparatif permet de comparer différentes techniques d'interaction afin d'être capable de faire un choix. Une étude préliminaire [2][3] nous avait permis de d'identifier des premières propriétés ergonomiques participant au pouvoir comparatif du modèle. La propriété de multimodalité caractérise la capacité du système d'offrir plusieurs canaux de communication, et elle se caractérise avec les propriétés CARE [5][8]. Elle est immédiatement identifiée dans le modèle d'interaction mixte de façon évidente, puisque celui-ci est basé sur une définition de modalité d'interaction. Au-delà du modèle d'interaction mixte et son pouvoir comparatif (ses capacités de comparaison prédictive de techniques d'interaction), il était nécessaire de vérifier expérimentalement l'usage fait de la multimodalité pour valider le travail théorique. L'évaluation nous a bien montré que les utilisateurs tiraient parti de cette

multimodalité en contexte mobile. Pourtant les limites, autant technologiques que méthodologiques, sont évidentes. La reconnaissance vocale et la vision par ordinateur, si elles n'avaient pas été simulées, auraient vraisemblablement limité technologiquement l'expérience. De même, les utilisateurs étaient mobiles, mais dans un environnement contrôlé, ce qui limite aussi l'expérience. L'étape suivante de ces travaux consiste donc à repousser un peu plus ces limites de l'expérience. Nous voudrions aussi étudier et identifier de nouvelles propriétés ergonomiques au sein du modèle d'interaction mixte.

### 8. REFERENCES

- [1] Beaudoin-Lafon, Designing Interaction, not Interfaces. *AVI'04*, 15-22.
- [2] Coutrix, Nigay, Renevier, Modèle d'interaction mixte : La réalité mixte à la lumière des modalités d'interaction, *UBIMOB'05*, 153-160.
- [3] Coutrix, Nigay. Mixed reality, a model of mixed interaction, *AVI'06*, 43-50.
- [4] Dubois, Nigay, Troccaz, Consistency in Augmented Reality Systems. *EHCI'01*, 117-130
- [5] Nigay, Coutaz, The CARE Properties and Their Impact on Software Design. *Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces: Research and Applications*, John Lee, AAAI Press, 1997
- [6] Norman, Cognitive Engineering. Book chapter of *User Centered System Design, New Perspectives on Human-Computer Interaction*, 1986, 31-61
- [7] Oviatt, Multimodal System Processing in Mobile Environments, *UIST'00*, 21-30.
- [8] Vernier, Nigay, A Framework for the Combination and Characterization of Output Modalities. *DSVIS'00*, 32-48.
- [9] Zouinar, Salembier, Pasqualetti, Nigay, Calvet, Kahn, Rey, Chapitre 4 : Interaction Multimodale sur des artefacts mobiles Dans *Objets Communicants*, Hermes Editeur, 2002. (Journées Objets Communicants, 31 janvier-1 février 2002, Autrans, France Télécom R&D). 63-73.