HAL
open science

Relations spatiales en Réalité Augmentée sur dispositifs mobiles

Thomas Vincent, Sébastien Pelurson, Valentin Regazzoni, Takeshi Kurata, Laurence Nigay

To cite this version:

Thomas Vincent, Sébastien Pelurson, Valentin Regazzoni, Takeshi Kurata, Laurence Nigay. Relations spatiales en Réalité Augmentée sur dispositifs mobiles. Actes des 9èmes journées francophones Mobilité et Ubiquité (UbiMob 2013), 2013, Nancy, France. hal-00954228

HAL Id: hal-00954228

https://inria.hal.science/hal-00954228v1

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.

Relations spatiales en Réalité Augmentée sur dispositifs mobiles

Thomas VINCENT
UJF - Grenoble 1
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, France
thomas.vincent@imag.fr

Sébastien PELURSON
UJF - Grenoble 1
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, France
sebastien.pelurson@imag.fr

Valentin REGAZZONI
UJF - Grenoble 1
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, France
regazzva@e.ujf-grenoble.fr

Takeshi KURATA
CfSR, AIST
Tsukuba, Japan
t.kurata@aist.go.jp

Laurence NIGAY
UJF - Grenoble 1
Laboratoire d'Informatique de Grenoble, France
+33 4 76 63 57 94
laurence.nigay@imag.fr

ABSTRACT
Handheld devices processing power increases and they embed more and more sensors. It is now possible on such devices to overlay the view of the physical surrounding provided by the back-facing camera with computer graphics. This technique has been coined as "Augmented Reality" and it is used in different areas. Augmented Reality creates a mixed environment composed of the view of the physical surrounding augmented with digital content displayed on the handheld device's screen. In this context, this paper studies the spatial relations involved while the user is interacting with this mixed environment. We focus on two spatial relations : (1) between the object of interest in the physical world and the handheld device, and (2) between the handheld device and the user. We present some handheld Augmented Reality application examples that make use of those spatial relations for interaction.

Keywords
Augmented Reality, Handheld device interaction, Interaction techniques, Spatial relations.

RÉSUMÉ
Les dispositifs mobiles étant de plus en plus puissants et intégrant de nombreux capteurs, il est maintenant possible de superposer des images numériques à la vue du monde physique retournée par la caméra. Le terme "Réalité Augmentée" est désormais couramment utilisé et cette technique est employée dans de nombreux domaines. Dans ce contexte, cet article étudie les relations spatiales mises en jeu lors de l'interaction avec cet environnement mixte composé de la vue du monde physique augmentée d'éléments numériques et affiché sur l'écran du dispositif mobile. Nous nous intéressons en particulier à deux relations spatiales : l'une entre l'objet physique et le dispositif mobile et l'autre entre le dispositif mobile et l'utilisateur. Nous présentons des exemples d'application de Réalité Augmentée sur dispositifs mobiles qui exploitent ces relations spatiales pour l'interaction.

Figure 1: Exemple d'application de Réalité Augmentée sur dispositifs mobiles : Poster augmenté [7].

1. INTRODUCTION
Les dispositifs mobiles tels que les smartphones et les tablettes sont suffisamment puissants pour exécuter des programmes complexes. Ils sont également dotés de nombreux capteurs (caméras, accéléromètres,...). Ces progrès technologiques ont favorisé le développement de la Réalité Augmentée (RA) sur dispositifs mobiles.

Copyright is held by the author/owner(s)
UbiMob 2013, 5–6 juin 2013, Nancy, France.

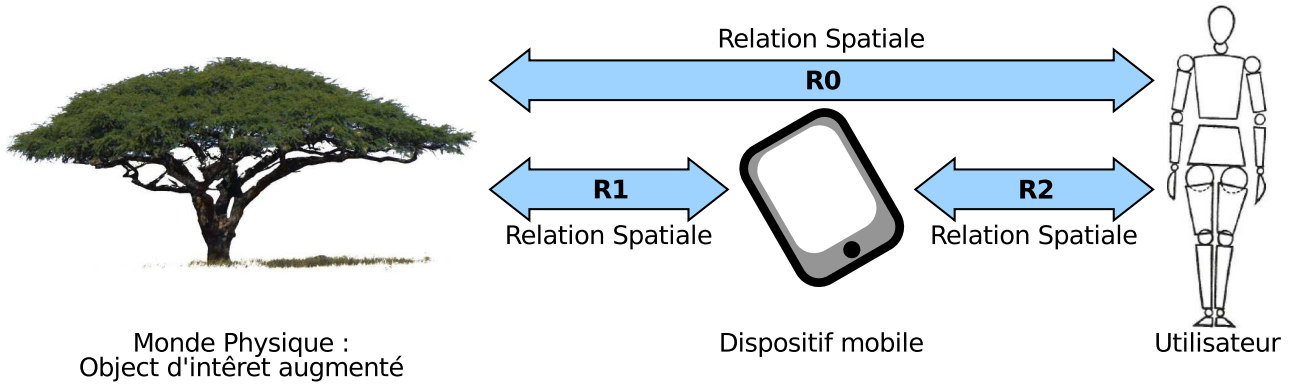

Figure 2: Relations spatiales en RA sur dispositifs mobiles : R0 [Objet physique-Utilisateur], R1 [Objet physique-Dispositif mobile], et R2 [Dispositif mobile-Utilisateur].

La RA sur dispositifs mobiles permet de superposer des objets numériques sur la vue du monde physique. Le terme "Réalité Augmentée" est désormais couramment utilisé et cette technique est employée dans divers domaines. La RA est présente notamment :

- Dans des applications de naviguation dans des données géolocalisées. Par exemple, l'application MétroParis [1] permet de localiser visuellement et en temps réel les stations de métro et autres points d'intérêt les plus proches de la position courante de l'utilisateur dans la rue ;
- Dans des applications marketing. La reconnaissance d'une image dans la vidéo permet d'afficher une animations sur cette image ou encore d'obtenir des informations sur un produit apparaissant dans un magazine ou sur un poster. La figure 1 montre un exemple de système de RA sur dispositifs mobiles qui permet d'obtenir des informations complémentaires à propos d'un poster [7]. En cliquant sur le bouton intitulé "Poster", l'utilisateur peut obtenir des informations comme les auteurs du poster, ou lancer une vidéo illustrant le poster.

Motivé par le constat que la RA est maintenant disponible sur dispositifs mobiles pour le grand public, notre objectif est d'étudier l'interaction avec l'environnement mixte ainsi créé. Cet environnement mixte est affiché sur l'écran du dispositif mobile et est composé de la vue du monde physique augmentée d'éléments numériques.

La mobilité implique que l'utilisateur peut se déplacer mais aussi que le dispositif peut être déplacé. Cette mobilité peut être exploitée pour l'interaction. Les dispositifs mobiles actuels possèdent des capteurs embarqués (accéléromètres, magnétomètres et gyroscopes) qui permettent par example de capturer l'orientation de l'écran. Depuis les travaux de Rekimoto [8], de nombreux travaux vise à enrichir les capacités d'interaction des dispositifs mobiles. Parmi eux et dans le contexte de la RA, une manière intéressante de tirer parti de la mobilité est d'utiliser un dispositif sensible à :

- Sa position par rapport à l'objet physique augmenté ;
- Sa position par rapport à l'utilisateur.

1. http ://www.metroparisiphone.com/

Dans cet article, nous étudions successivement ces deux relations spatiales pour la conception de techniques d'interaction en RA sur dispositifs mobiles. Nous présentons ensuite un exemple d'application qui exploite cette double relation en RA sur dispositifs mobiles.

2. RELATIONS SPATIALES

Pour étudier la conception de techniques d'interaction en RA sur dispositifs mobiles, nous considérons trois entités : (1) l'objet d'intérêt du monde physique, (2) le dispositif mobile et (3) l'utilisateur. Afin d'exploiter pleinement le caractère mobile de l'interaction, nous considérons alors les relations spatiales entre ces trois entités (figure 2) : R0 [Objet physique-Utilisateur], et plus particulièrement R1 [Objet physique-Dispositif mobile] et R2 [Dispositif mobile-Utilisateur].

2.1 R0 [Objet physique-Utilisateur]

Dans [4], plusieurs paramètres sont présentés pour caractériser la relation R0 [Objet physique-Utilisateur] dans le cadre d'interactions qualifiées de proxémiques. Ces paramètres sont : la distance, l'orientation, le mouvement et la localisation. Dans [13], les auteurs étudient l'interaction de l'utilisateur avec une surface d'affichage pour détailler le paramètre distance. Ils identifient quatre phases d'interaction où l'utilisateur se sent de plus en plus (ou à l'inverse de moins en moins) apte à recevoir des données de plus en plus (ou de moins en moins) personnelles et explicites, selon s'il se rapproche (ou s'éloigne) de la surface d'affichage.

Dans le cas de la RA sur dispositifs mobiles, l'utilisation d'un dispositif mobile permet de décomposer cette relation en deux relations supplémentaires que nous détaillons ci-après : R1 [Objet physique-Dispositif mobile] et R2 [Dispositif mobile-Utilisateur].

2.2 R1 [Objet physique-Dispositif mobile]

La relation R1 [Objet physique-Dispositif mobile] est incontournable en RA puisqu'elle définit les objets physiques qui sont affichés sur l'écran, c'est-à-dire le point de vue sur le monde physique. Par exemple, *NaviCam* [9], un système pionnier de RA sur dispositifs mobiles, affiche des informations numériques sur le flux vidéo de la caméra du dispositif lorsqu'un marqueur est reconnu dans le flux vidéo. Dans

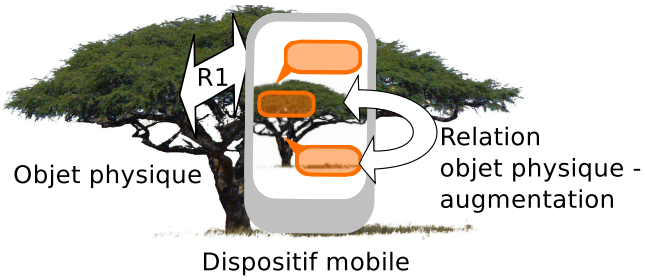

Figure 3: RA sur dispositifs mobiles : Relation R1 et contenu affiché sur l'écran. Les informations numériques affichées sur l'écran entretiennent une relation spatiale avec la vue du monde physique.

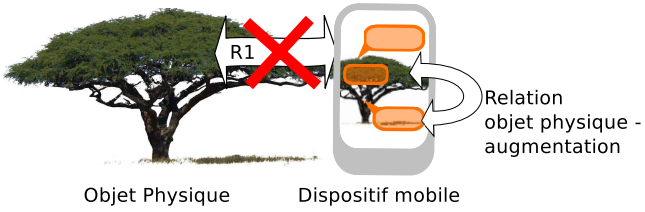

Figure 4: RA sur dispositifs mobiles : Relation R1 interrompue pour améliorer l'interaction en stabilisant le contenu à l'écran.

Chameleon [2], un autre système pionnier, même si le système n'affiche pas le flux vidéo de la caméra du dispositif, l'utilisateur bouge le dispositif mobile au-dessus d'une carte afin d'obtenir des informations complémentaires sur la région pointée (comme, par exemple, des informations météorologiques ou une carte plus détaillée).

En RA, en plus d'afficher une représentation du monde physique, l'écran du dispositif mobile contient aussi les informations numériques qui enrichissent la vue du monde physique. Ces informations numériques entretiennent une relation spatiale avec les objets du monde physique représentés (figure 3). Dans [11], nous présentons un espace de conception qui caractérise la relation R1 et la relation entre le monde physique représenté et les informations numériques.

Dans [11] et [12], nous montrons que la relation R1 peut être momentanément interrompue afin d'améliorer l'interaction. Par exemple, la vidéo peut-être mise en pause pour permettre à l'utilisateur de faire un geste de pointage précis. La relation R1 est alors interrompue le temps de l'interaction (figure 4). C'est par exemple le cas de l'application *AR TapTap* [11] lors de l'ajout de points d'intérêt sur une carte (figure 5) : lorsque l'utilisateur appuie sur l'écran, la vidéo est mise en pause et la carte est zoomée. L'utilisateur peut alors placer de façon précise un point d'intérêt par un second appui sur l'écran. Ce second appui provoque alors la fermeture de la vue zoomée et la vidéo est de nouveau active (R1 rétablie).

La relation R1 peut aussi être exploitée pour modifier l'information numérique qui augmente le monde réel. Par exemple, la distance entre l'objet physique augmenté et le dispositif mobile peut permettre d'adapter les informations numériques affichées. La relation R1 est alors utilisée pour filtrer l'augmentation [2, 6, 7]. Cette relation est utilisée dans le système pionnier *Chameleon* [2] où l'utilisateur obtient des informations différentes selon la distance entre le dispositif mobile et la carte. De même, dans notre application de poster augmenté (figure 6), les menus sont contextuels et dépendent de la distance entre le dispositif mobile et le poster [7]. Lorsque l'utilisateur est loin, un seul menu global au poster est affiché. Ce menu donne accès à des informations générales. Au contraire, lorsque l'utilisateur est proche du poster, plusieurs menus sont affichés. Ces menus donnent accès à des informations plus précises sur des éléments du poster.

Figure 5: *AR TapTap* [11] : Placement précis de points d'intérêt sur une carte. La relation R1 est interrompue le temps de la création du point d'intérêt.

2.3 R2 [Dispositif mobile-Utilisateur]

Tandis que la relation R1 est intrinsèquement présente en RA et que plusieurs études considèrent la relation R1 pour concevoir des techniques d'interaction, la relation R2 est moins étudiée dans le contexte de la RA sur dispositifs mobiles.

Notons néanmoins que la relation R2 est exploitée dans l'interaction sur supports mobiles. Par exemple, le Dynamic Peephole Display [14] utilise différents capteurs pour estimer la position relative du dispositif mobile par rapport à l'utilisateur et permettre de naviguer dans un grand espace d'information en déplaçant le dispositif autour de lui. En particulier, en analogie avec le rapprochement d'un objet de ses yeux pour mieux l'observer, la distance de R2 permet de contrôler le zoom en éloignant/rapprochant le dispositif. De plus, dans [3], nous étudions l'interaction sur dispositfs mobiles qui exploite le suivi de la tête de l'utilisateur. Le suivi de la tête est effectué par vision par ordinateur en utilisant la caméra de façade. Il permet, par exemple,

Figure 6: Menus contextuels : (Gauche) Menu général au poster lorsque l'utilisateur est loin ; (Droite) Plusieurs menus liés à des parties du poster lorsque l'utilisateur est proche du poster.

Figure 7: Espace de travail étendu avec Head-Coupled Perspective (image de [3]).

de contrôler le point de vue sur une scène 3D affichée à l'écran (Head-Coupled Perspective, HCP). Cette technique améliore la perception de la profondeur dans la scène en offrant un effet de parallaxe. Le HCP peut aussi permettre de visualer un espace de travail plus grand (fenêtre virtuelle, figure 7). Le suivi des mouvements de la tête définit une nouvelle modalité en entrée : par exemple un léger mouvement de la tête vers le haut ou vers le bas (mouvement de R2) peut permettre de faire défiler le contenu affiché à l'écran.

En RA sur dispositifs mobiles, la relation R2 (en particulier la position relative de la tête de l'utilisateur) est principalement utilisée pour contrôler le point de vue sur la scène (monde physique augmenté) affichée à l'écran [1, 5, 10]. L'objectif est ici de réconcilier le point de vue de la caméra du dispositif et celui de l'utilisateur (un problème spécifique à la RA sur dispositifs mobiles et qui n'existe pas dans le cas de lunettes de RA). Contrairement à ces travaux, nous présentons ci-après une application de RA sur dispositifs mobiles qui exploite les deux relations et en particulier R2 pour filtrer l'information numérique qui augmente le monde physique.

3. CARTE AUGMENTÉE : DOUBLE RELATION

Nous avons conçu une application de RA sur dispositifs mobiles fonctionnant sur iPhone et iPad qui augmente une carte physique avec des points d'intérêts numériques. L'objectif ici est d'explorer la carte et de visualiser des points d'intérêts numériques (et non de créer des nouveaux points d'intérêts comme dans notre application *AR TapTap* de la figure 5). Pour réaliser cette tâche d'exploration, nous proposons d'utiliser les deux relations R1 et R2 (figure 2) pour l'interaction.

L'application aux deux relations R1 et R2 des quatre paramètres (distance, orientation, mouvement et localisation) proposés dans [4] pour décrire la relation R0 [Objet physique-Utilisateur] multiplient les possibilités de conception. Néanmoins il convient de mener une étude approfondie sur les dépendances entre ces paramètres lorsqu'ils sont appliqués à R1 et R2. Par exemple en réduisant la distance R1, la distance R2 augmente si l'utilisateur reste fixe. Comme première étude de cette double relation, nous avons uniquement utilisé le paramètre distance pour R1 et R2.

La prise en compte de la distance de la relation R1, permet de contrôler le niveau de zoom du contenu affiché à l'écran. La métaphore d'interaction appliquée ici est celle de la loupe sur une carte : celle-ci est schématisée sur la figure 8 en

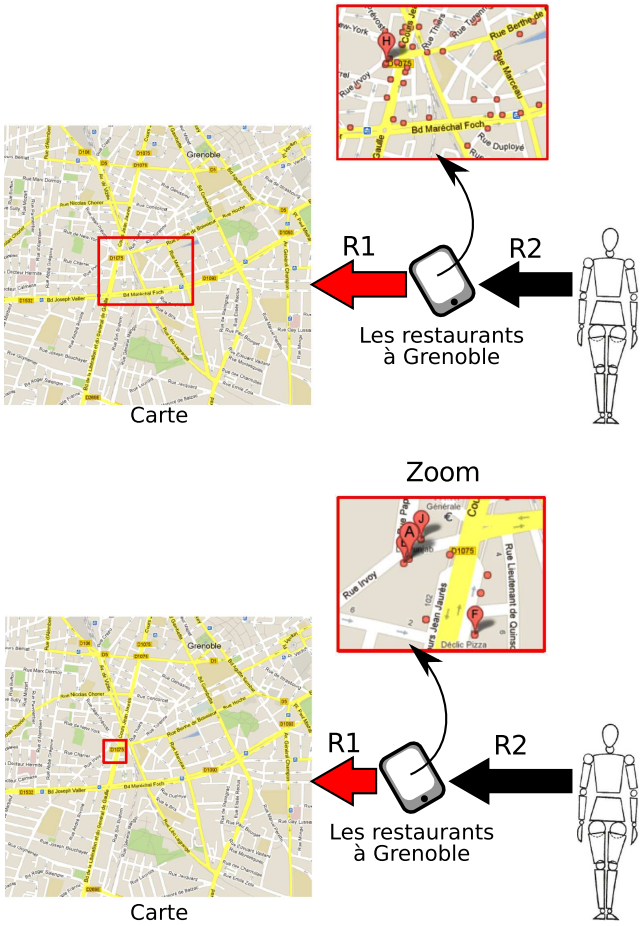

Figure 8: Carte augmentée : La distance R1 permet de contrôler le niveau de zoom de la carte.

considérant un scénario de recherche de restaurants sur une carte de Grenoble. En rapprochant le dispositif mobile de la carte, l'utilisateur peut agrandir les informations affichées à l'écran. En éloignant le dispositif, il peut réduire le niveau de zoom. Comme toute application de RA, notre application de carte augmentée utilise aussi la localisation fournit par la relation R1. En effet, le contenu affiché par le dispositif mobile est déterminé par la localisation de ce dernier par rapport à la carte.

Contrairement à la prise en compte de la distance de la relation R1 qui est continue, la prise en compte de la distance de la relation R2 est discrète. En approchant/éloignant le dispositif mobile de sa tête, l'utilisateur peut changer de mode d'affichage. Lorsque la distance de la relation R2 dépasse un certain seuil, l'affichage est en mode public. Lorsque cette distance est en dessous de ce seuil, l'affichage passe en mode privé et les informations affichées sont plus personnelles. Ainsi, en considérant un scénario de recherche de restaurants sur une carte de Grenoble (figure 9), en mode public l'application affiche tous les restaurants. En mode privé, seuls les restaurants que l'utilisateur a définis dans ses préférences sont affichés. Le fait d'avoir à rapprocher le dispositif mobile de soi pour passer en mode privé implique que seul l'utilisateur peut voir convenablement l'écran du dispositif.

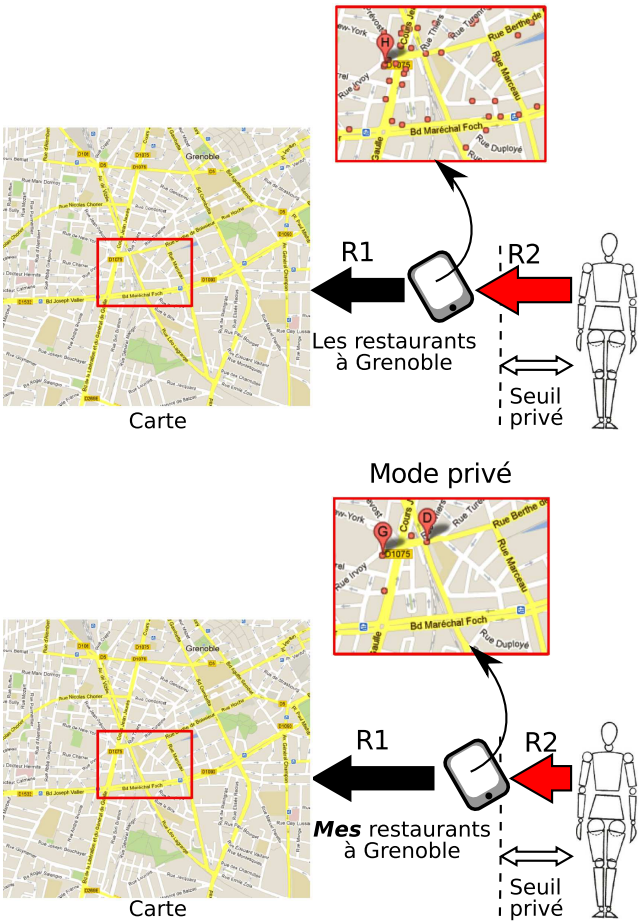

Figure 9: Carte augmentée : La distance R2 permet de contrôler le mode d'affichage public/privé.

En mode privé, les personnes avoisinantes ont donc moins facilement accès aux informations numériques qui augmentent la carte.

Lors des premiers tests informels, la dépendance entre les deux distances R1 et R2 est apparue clairement. En effet, pour pouvoir passer en mode privé, l'utilisateur doit rapprocher le dispositif mobile de lui pour faire passer la distance R2 en dessous du seuil du mode privé. Or si l'utilisateur effectue cette opération sans bouger, la distance R1 augmente, ce qui implique un changement de niveau de zoom du contenu affiché à l'écran.

Pour gérer cette dépendance, l'application permet le débrayage de la prise en compte de la distance de la relation R1. Ceci permet d'éviter que le changement continu du niveau de zoom ne rende l'affichage instable. Un tap sur l'écran tactile permet à l'utilisateur de bloquer/débloquer le niveau de zoom, c'est à dire la prise en compte de la relation R1. Un autre exemple de débrayage temporaire de la prise en compte de la relation R1 a déjà été présenté avec la mise en pause de la vidéo dans *AR TapTap* (figure 5) et est schématisée à la figure 4.

Le prototype de carte augmentée utilise un système de suivi par vision externe *OptiTrack*[2] composé de 5 caméras infrarouges. Ce système permet de récupérer la position et l'orientation de marqueurs placés sur la tête de l'utilisateur et sur le dispositif mobile. La carte est considérée comme fixe. Nous sommes en cours de développement de l'application entièrement sur téléphone mobile en utilisant notre suivi de la tête de l'utilisateur et les caméras de derrière et de façade du téléphone (où 2 téléphones accrochés dos à dos lorsque l'utilisation des 2 caméras simultanément n'est pas possible). L'objectif est de pouvoir tester l'application dans un lieu public avec une carte sur un mur. Une évaluation expérimentale pourrait alors être menée en comparant par exemple la technique proposée avec une technique où le passage en mode privé se ferait à l'aide d'un bouton sur l'écran du téléphone.

4. CONCLUSION

Concevoir de nouvelles techniques d'interaction pour la Réalité Augmentée (RA) sur dispositifs mobiles est un enjeu important. Dans notre étude, nous avons traité la conception de techniques d'interaction en étudiant les relations spatiales entre les trois entités mises en jeu dans la RA sur dispositifs mobiles : l'utilisateur, le dispositif mobile et l'objet physique augmenté.

De nombreux travaux restent à mener pour explorer systématiquement le vaste espace des possibilités qu'offre la double relation spatiale R1 [Objet physique-Dispositif mobile] et R2 [Dispositif mobile-Utilisateur] dans le cadre de l'interaction en RA sur dispositifs mobiles. Dans ce contexte, notre première étape de travail à court terme est de finir le développement de l'application carte augmentée sur dispositif mobile afin de pouvoir mener des expérimentations.

5. REMERCIEMENTS

Ce travail s'inscrit partiellement dans le cadre du projet ANR/JST AMIE (Augmented Mobile Interactive Experience : Application to Maintenance Services 2011-2014) sur la Réalité Augmentée sur dispositifs mobiles (`http://amie.imag.fr/`). De plus, Thomas Vincent est financé par le projet AMIE pour son travail doctoral.

6. REFERENCES

[1] D. Baricevic, C. Lee, M. Turk, T. Höllerer, and D. A. Bowman. A hand-held ar magic lens with user-perspective rendering. In *Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR '12, pages 197–206. IEEE Computer Society, 2012.

[2] G. W. Fitzmaurice. Situated information spaces and spatially aware palmtop computers. *Communications of the ACM*, 36(7) :39–49, July 1993.

[3] J. Francone and L. Nigay. Using the user's point of view for interaction on mobile devices. In *Proceedings of the 23rd French Speaking Conference on Human-Computer Interaction*, IHM '11, pages 4 :1–4 :8. ACM, 2011.

[4] S. Greenberg, N. Marquardt, T. Ballendat, R. Diaz-Marino, and M. Wang. Proxemic interactions : The new ubicomp ? *Interactions*, 8(1) :42–50, jan 2011.

2. http ://www.naturalpoint.com/optitrack/

[5] A. Hill, J. Schiefer, J. Wilson, B. Davidson, M. Gandy, and B. MacIntyre. Virtual transparency : Introducing parallax view into video see-through ar. In *Proceedings of the 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR '11, pages 239–240. IEEE Computer Society, 2011.

[6] S. Julier, Y. Baillot, D. G. Brown, and M. Lanzagorta. Information filtering for mobile augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22(5) :12–15, September 2002.

[7] K. Makita, M. Kourogi, T. Vincent, T. Okuma, J. Nishida, T. Ishikawa, L. Nigay, and T. Kurata. Handheld ar/av system using pdr localization and image based localization with virtualized reality models. In *Demonstrations at the 2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR '12 Demonstrations, 2012.

[8] J. Rekimoto. Tilting operations for small screen interfaces. In *Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '96, pages 167–168. ACM, 1996.

[9] J. Rekimoto and K. Nagao. The world through the computer : Computer augmented interaction with real world environments. In *Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology*, UIST '95, pages 29–36. ACM, 1995.

[10] M. Spindler, B. W., and D. R. Use your head : Tangible windows for information spaces in a tabletop environment. In *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces*, ITS '12, pages 245–254. ACM, 2012.

[11] T. Vincent, L. Nigay, and T. Kurata. Classifying handheld augmented reality : Three categories linked by spatial mappings. In *Workshop on Classifying the Augmented Reality Presentation Space at the 2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR '12 Workshop. 6 pages, 2012.

[12] T. Vincent, L. Nigay, and T. Kurata. Precise pointing techniques for handheld augmented reality. In *Proceedings of the 14th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction (to appear)*, INTERACT '13. 18 pages. IFIP-Springer, 2013.

[13] D. Vogel and R. Balakrishnan. Interactive public ambient displays : Transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users. In *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '04, pages 137–146. ACM, 2004.

[14] K.-P. Yee. Peephole displays : pen interaction on spatially aware handheld computers. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '03, pages 1–8. ACM, 2003.