

Exploitation de la technologie RFID associée à une Table interactive avec objets Tangibles et Traçables. Application à la gestion de trafic routier.

Sébastien Kubicki, Yoann Lebrun, Sophie Lepreux, Emmanuel Adam,
Christophe Kolski, René Mandiau

¹ Univ Lille Nord de France, F-59000 Lille, France

² UVHC, LAMHI, F-59313 Valenciennes, France

³ CNRS, UMR 8530, F-59313 Valenciennes, France Université Lille Nord de France

E-mail : prénom.nom@univ-valenciennes.fr

Résumé. Cet article se focalise sur une nouvelle plateforme d'interaction utilisant la technologie RFID. Après une présentation de la technologie RFID elle-même (principe de fonctionnement et caractéristiques des différentes étiquettes RFID), l'article propose quelques exemples d'applications de cette technologie dans la vie courante ou dans l'industrie. Nous proposons d'utiliser la RFID sur une table interactive permettant d'interagir avec des objets tangibles et traçables et de mettre en application ces technologies afin de pouvoir gérer le trafic routier dans le but de le réguler en réduisant par exemple l'attente aux feux, de simuler les situations d'accidents, ou d'anticiper sur les actions des véhicules afin d'émettre des hypothèses pour fluidifier le trafic.

Mots-clés. Interaction Homme-Machine, Système Multi-Agents, RFID, Table Interactive, Objets Tangibles.

1. INTRODUCTION

L'informatique se veut depuis quelques années extrêmement évolutive et présente dans la vie quotidienne [14]. Les nouvelles technologies de communication ont largement participé à cette propagation massive. Les communications sans fil ont permis de nouvelles utilisations et ont rendu la présence des téléphones portables, PDA ou netbooks quasi indispensable. Ces nouvelles plates-formes d'interactions ne sont plus de simples accessoires mais deviennent de véritables outils de travail utilisables quel que soit l'endroit où l'utilisateur se trouve. Cela se vérifie avec la présence dernièrement des technologies sans contact. Le WIFI par exemple, s'est amplement installé dans les lieux publics (gares, restaurants, etc.) rendant l'information extérieure à la disposition de chacun à tout moment. Les nouvelles tables interactives lais-

sent entrevoir également des perspectives prometteuses (cf. par exemple [6,7]).

Au-delà de la communication ou de l'échange de données, les dernières nouveautés technologiques ont permis l'identification ou le suivi d'objet. C'est le cas de la RFID (Radio Frequency Identification) qui permet une traçabilité des objets sur lesquels est apposée une étiquette RFID.

Nous proposons dans cet article une présentation de la technologie RFID puis quelques exemples d'applications. Nous présentons ensuite la table interactive, support de nos recherches, permettant d'interagir directement avec des objets tangibles grâce à la technologie RFID. Nous proposons en troisième section une idée d'application utilisant les caractéristiques de la table et proposant des innovations en termes d'interaction Homme-Machine. Nous terminons avec une conclusion et les perspectives envisagées.

2. LA TECHNOLOGIE SANS CONTACT RFID

Les technologies sans contact sont apparues depuis quelques années dans notre vie quotidienne. Elles correspondent à l'ensemble des appareils et autres périphériques pouvant communiquer sans aucun lien physique. Par exemple, l'échange de données multimédia d'un téléphone portable vers un autre grâce à la technologie Bluetooth.

Au delà de l'échange de données, les dernières technologies ont également permis l'identification ou le suivi d'objets. C'est le cas de la *Radio Frequency IDentification* plus communément appelée RFID qui se range dans la catégorie des technologies d'identification automatique [9].

2.1. LES PRINCIPES

La technologie RFID fonctionne selon le principe d'un lecteur et d'un émetteur. Les étiquettes (Fig. 1) RFID (ou Tags RFID) sont composées d'une puce pouvant contenir une mémoire, reliée à une antenne réagissant aux ondes radio. Elles sont lues par un lecteur le plus souvent connecté à un ordinateur. La communication entre le composant électronique et le lecteur s'établit par radiofréquence et non par lecture optique (comme par exemple pour la lecture de code barre). Le code barre permet d'identifier une famille de produits tandis que l'étiquette RFID permet l'identification unique d'un objet possédant un tag. Remarquons également que les étiquettes RFID peuvent être lues à distance et en parallèle, plusieurs étiquettes pouvant être lues en même temps sur un seul lecteur.

En ce qui concerne les étiquettes RFID, il en existe de différents types. En effet, les étiquettes RFID peuvent être soit passives, soit actives.

Les étiquettes passives fonctionnent en lecture seule, elles utilisent l'énergie du signal radio que le lecteur propage à courte distance pour émettre à leur tour leur code d'identification unique (leur SID de l'anglais *Security IDentifier*). Ces étiquettes possèdent une capacité mémoire allant jusqu'à plusieurs centaines de bits. Généralement achetées vierges, elles peuvent être programmées avec des données qui ne sont pas modifiables. Lors de l'utilisation de l'étiquette sur un objet, l'utilisateur peut écrire les informations qui lui sont utiles. Ces informations pourront être lues mais ne pourront pas être modifiées ou

complétées. Ces étiquettes représentent la solution la plus économique, elles sont de petites tailles (de quelques millimètres au centimètre) et ont une durée de vie quasi illimitée sous forme passive (car elles n'intègrent pas de pile), c'est l'émetteur-récepteur qui fournit l'énergie.

Les étiquettes actives ou semi-actives possèdent quant à elles une alimentation qui leur est propre (une pile interne extra plate). Elles permettent aussi bien la lecture que l'écriture des données. Elles permettent des distances de détection supérieures à celles de l'étiquette passive. Notons toutefois que les étiquettes semi-actives n'utilisent pas leur alimentation afin d'émettre des signaux de communication. Leur alimentation permet, par exemple, d'enregistrer des données de traçabilité lors d'un déplacement d'objet.



Figure 1 : Présentation en image d'étiquettes RFID

2.2. LES APPLICATIONS

Même si cette technologie est relativement nouvelle (première application en Europe dans les années 1980) aussi bien dans l'industrie que du côté grand public, il est possible de trouver de plus en plus d'applications qui l'utilisent.

Depuis peu (juin 2009 pour la France), le passeport biométrique contient une étiquette RFID ; les données contenues dans celle-ci sont cryptées et seuls les lecteurs possédant la clé d'authentification peuvent en lire le contenu. Les transports utilisent également cette technologie facilitant ainsi l'accès aux divers transports urbains mais faisant gagner également du temps en évitant de prendre un ticket pour chaque voyage. D'une manière plus générale, la RFID est présente dans des applications telle que la logistique avec renouvellement

ment instantané des pièces ou de la marchandise pour les grandes chaînes, la gestion des emprunts des bibliothèques ou encore le traçage des vêtements pour les blanchisseries. Une autre utilisation, est le suivi des objets qui permet un historique des produits (distributeur de colis par exemple). Cependant, le coût des étiquettes même s'il est en baisse, est encore un frein à la propagation complète de la RFID ou dans le remplacement, par exemple, des codes barres qui sont encore très largement utilisés. Nous pouvons toutefois envisager une utilisation courante de cette technologie dans les années à venir.

3. UTILISATION DE LA RFID AVEC UNE TABLE INTERACTIVE : LE PROJET ANR TTT

3.1. LE PROJET

L'acronyme TTT signifie Table d'interaction avec des objets Tangibles et Traçables. C'est un projet qui consiste à explorer les capacités d'une table interactive [13] à travers la conception de logiciels adaptés. Ce projet vise à ce que les utilisateurs impliqués puissent interagir et travailler de manière individuelle ou collaborative lors de la manipulation des objets tangibles présents à la surface de la table. Quatre partenaires sont impliqués dans ce projet : deux laboratoires (le LIG, coordinateur du projet, le LAMIH), le CEA et la société RFIdées¹ conceptrice de la table interactive. Le rôle du LAMIH dans ce projet est de concevoir la couche applicative [10] permettant de gérer les spécificités de l'application associée à la table.

3.2. LA TABLE INTERACTIVE

La table interactive (figure 2) est appelée TangiSense [11]. Elle est composée de 25 dalles (5 x 5) protégées par une plaque de verre. Chaque dalle contient 64 antennes (8 x 8) de 2,5 cm qui permettent de récupérer les données des puces RFID à distance. Une interface de contrôle permet d'associer les dalles entre elles afin d'obtenir une structure homogène. Pour visualiser les applications et insister sur le côté interactif, deux solutions ont été mise en place et peuvent être utilisées en complément l'une de l'autre. La première propose un visuel sous forme de LED (Light Emitting Diode) intégrées au nombre de 4 dans chaque antenne. Ces diodes permettent,

par exemple, un retour utilisateur lors d'un déplacement d'objet. La seconde solution est la projection d'une image à la surface de la table grâce à un vidéoprojecteur disposé au-dessus de celle-ci. L'image projetée permet un visuel de l'application et permet également d'ajouter de la réalité sur les objets tangibles en écrivant par exemple virtuellement sur une feuille qui elle, est bien réelle.



Figure 2 : Utilisation de la table dans un environnement collaboratif

LES CONCEPTS UTILISÉS DANS LES APPLICATIONS DE LA TABLE

L'innovation de la table consiste à faire ressortir les interactions entre les utilisateurs et les objets tangibles à travers les applications. Pour cela, nous distinguons deux types d'objets : (1) les objets virtuels, qui sont une représentation graphique projetée sur la table et (2) les objets tangibles, qui sont manipulés par l'utilisateur et peuvent embarquer de l'information dans leur(s) étiquette(s) RFID. Ils possèdent ainsi une capacité permettant entre autre de mémoriser leurs états (historique, actions de l'objet) ou leur rôle dans l'application (un pion, un bâtiment, une portion de route ou un dé). Selon les applications, l'objet tangible peut attirer (cf. rôle d'un aimant), peut déplacer, supprimer (cf. rôle d'un aspirateur) les objets virtuels. Par exemple, si l'objet tangible est représenté par une gomme, alors il peut posséder la capacité d'effacer des objets virtuels.

A l'inverse des objets tangibles, les utilisateurs peuvent également intervenir sur les objets virtuels. Afin de pouvoir interagir avec ceux-ci, une surface tactile [4, 5] peut être apposée à la surface de la table ou la solution d'un gant avec étiquette RFID peut être envisagée [10].

¹ <http://www.rfidees.fr/>

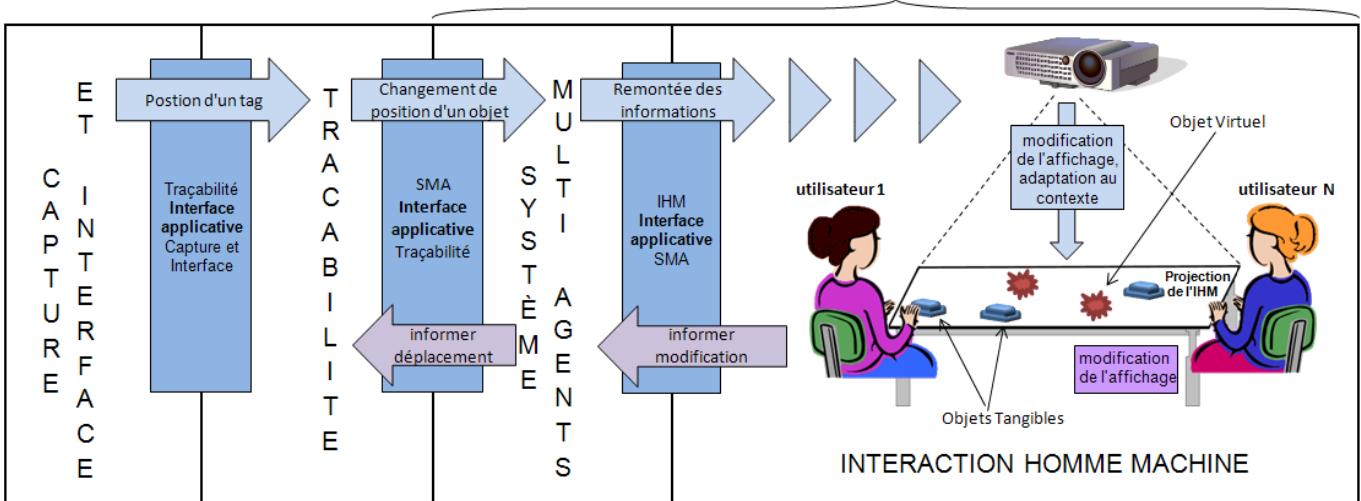


Figure 3 : Modélisation de l'architecture en couches du projet TTT

Nous proposons une modélisation (Figure 3) de l'architecture du système comprenant 4 couches différentes (citées dans l'ordre du plus bas au plus haut niveau, resp. de gauche à droite dans la figure 3) :

- la couche *Capture et Interface* réceptionne et traite les signaux émis par les objets tangibles munis chacun d'une ou plusieurs étiquettes RFID. Elle transmet ensuite les informations à la couche supérieure : appelée *Traçabilité*.
- la couche *Traçabilité* stocke dans une base de données les événements associés aux objets et communique à la couche applicative les modifications de position des objets [3]. Elle permet également de situer un objet par rapport à un autre (par exemple lorsqu'un objet tangible se trouve à proximité d'un objet virtuel).
- la couche *Applicative* gère les spécificités de l'application associée à la table. Elle sert d'interface avec l'utilisateur.

La couche *Applicative* est elle-même décomposée en deux sous-couches :

- la couche intégrant le Système Multi-Agents (SMA), constitué d'agents dotés de rôles [1,2] (composés de comportements) et interagissant entre eux de manière autonome afin de résoudre un problème complexe, par exemple : la simulation d'écoulement des fluides, la simulation d'écosystèmes, la gestion de processus administratifs, la gestion de systèmes de production. A chaque objet tangible est associé un agent (appelé "tangible" dans le cadre de ce projet) responsable de l'exécution cohérente des comportements

associés à l'objet, ainsi que des interactions entre l'objet tangible et son environnement.

- la couche *Interaction Homme-Machine* qui se charge d'interagir avec les utilisateurs et qui transmet les informations virtuelles (par exemple le déplacement d'un objet virtuel par l'utilisateur).

L'interaction entre les couches est illustrée par la figure 3 qui modélise l'ensemble de l'architecture. Une interface applicative est définie entre chaque couche et sert de liaison. Elle permet de diffuser un flux de données interprété de manières différentes selon les couches et de définir les points d'entrée et de sortie entre chaque couche. Par conséquent, lors du déplacement d'un objet tangible, les informations (positions, formes, etc.) vont transiter entre les différentes couches, partant du plus bas vers le plus haut niveau.

3.3. UTILISATION DE LA TABLE INTERACTIVE ET DE LA RFID DANS LA GESTION DE TRAFIC ROUTIER

Plusieurs applications de démonstration ont été maquettées afin d'illustrer les concepts présentés ci-dessus. Ces premiers développements ont permis de faire communiquer l'ensemble des couches de l'architecture proposée et d'être confronté directement à divers problèmes techniques liés à ce nouveau dispositif.

Une des applications envisagées concerne le domaine des transports. L'application implique un ensemble d'infrastructures routières pour la gestion du trafic routier destinée aux experts en sécurité, architecture, transports, etc. Son intérêt est de réguler le trafic en réduisant par exemple l'attente aux feux, de si-

muler les situations d'accidents, ou d'anticiper sur les actions des véhicules afin d'émettre des hypothèses pour fluidifier le trafic. Dans ce cas, à la table peut correspondre un réseau autoroutier sur laquelle des objets tangibles de type infrastructure ou signalisation sont déplacés par l'utilisateur.

L'applicatif respecte la structure hiérarchique proposée en figure 3. Il se compose du Système Multi-Agents (SMA) développé à l'aide de la plate-forme JADE [8], qui permet d'associer dynamiquement des rôles/comportements aux agents déployés dans un environnement. L'environnement est, par exemple, une carte routière par rapport à laquelle un ensemble de véhicules (agents) évoluent. Les rôles d'un agent peuvent évoluer, et leurs comportements associés sont déclenchés en fonction de l'état de l'agent et du rôle [12, 15]. Plus explicitement, un véhicule peut, par exemple, être contrôlé par un agent jouant le rôle conducteur dont l'état est qualifié de *calme*; un autre véhicule peut être contrôlé par un agent jouant le même rôle conducteur mais dont l'état est qualifié de *énergivé*. Sous le même nom de rôle, différents comportements peuvent donc être exécutés.

La couche IHM, joue quant à elle l'intermédiaire entre l'application et les utilisateurs qui déplacent l'ensemble des objets sur la table interactive.

Nous retrouvons les deux catégories d'objets qui interviennent entre la plate-forme et les utilisateurs : (1) les objets tangibles, qui sont représentés par des agents matériels au niveau du SMA (feux tricolores, panneaux de signalisation, ronds points ou encore parkings) et (2) les objets virtuels représentés sur la table à l'aide du vidéoprojecteur. Ces objets proactifs (ayant des capacités de décision) sont représentés par des agents virtuels dans le SMA. Ils peuvent représenter les véhicules, ou la carte routière dans laquelle l'ensemble des véhicules se déplace.

Chaque utilisateur autour de la table peut agir sur l'ensemble de ces objets. A l'aide des différents objets tangibles posés à la surface de la table, il peut modifier le comportement des véhicules dans leurs déplacements et modifier la signalisation. Lorsque l'utilisateur pose par exemple un objet *feux tricolore* sur la table, l'agent en charge de cet objet envoie un message aux véhicules (et donc aux agents virtuels) se situant dans le carrefour. L'agent

indique alors l'état dans lequel se trouve le feu et met à jour le comportement des véhicules : *s'arrêter* si celui-ci est rouge, *démarrer* s'il est vert.

Les utilisateurs peuvent donc agir directement sur l'ensemble du système et étudier les impacts de telles ou telles infrastructures sur la circulation.

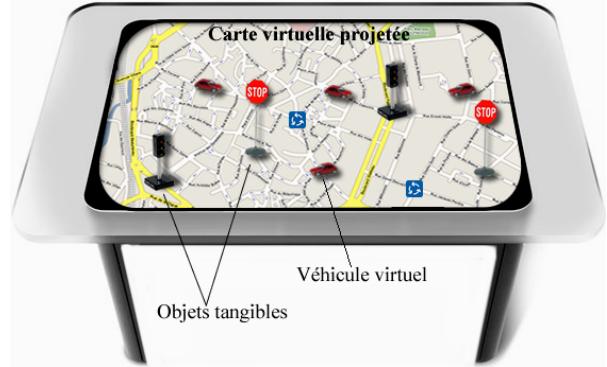


Figure 4 : Maquettage de l'utilisation de la table pour la gestion de trafic routier

Le projet TTT, étant défini en plusieurs couches, le SMA utilise un agent médiateur qui permet de faire transiter les informations relatives au déplacement des objets tangibles ou virtuels à la surface de la table. Cet agent indique aux agents concernés le changement d'état (objet en dehors de la table, nouvelle position de l'objet ou changement de face de l'objet etc.). Cet agent est également un pont de communication avec la couche IHM qui selon les données reçues adapte le visuel de l'application.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté dans cet article la technologie RFID qui est une des caractéristiques principales de la table interactive au sein du projet ANR TTT. Une telle table devient une nouvelle plate-forme d'interactions permettant d'interagir directement avec des objets tangibles mais aussi avec des objets virtuels. Après une présentation du projet et du matériel, nous avons proposé une application utilisant la table dans le domaine des transports, permettant de gérer le trafic routier. Ainsi, il serait possible grâce à la technologie RFID supportant la table interactive de comparer des solutions d'infrastructures routières dans un environnement défini et d'en faire ressortir les éventuelles solutions les plus adaptées. Grâce au Système Multi-Agents, il serait possible de suivre en temps

réel les réactions des véhicules se déplaçant dans une ville, par exemple. Notre travail consiste maintenant à poursuivre le développement de cette application qui existe pour l'instant sous forme de maquette. Nous envisageons ensuite d'associer l'application à un système de cartographie existant afin de travailler directement sur les grandes villes et donc sur des problèmes de circulation concrets. Nous proposons également de rendre le système plus flexible en gérant la possibilité de modifier les routes, en utilisant directement des objets tangibles et non plus une carte virtuelle. Nous envisageons également de pouvoir agir sur les véhicules virtuels en déposant sur la table des véhicules tangibles que nous pourrons déplacer cette fois de manière manuelle et d'observer les réactions des autres véhicules sur leur comportement routier. Finalement, nous proposerons une adaptation de l'application au contexte d'interaction, permettant aux divers utilisateurs (experts routiers, sécurité, etc.) de pouvoir interagir de manière adaptée à leur domaine.

REFERENCES

1. Adam, E., and Mandiau, R. Flexible roles in a holonic multi-agent system. In Marik, V., Vyatkin, V., and Colombo, A., editors, Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing, Third International Conf. on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, HolMAS 2007, pages 59–70, Regensburg, Germany, September 3-5 2007. Springer-Verlag. vol. 4659, LNCS.
2. Adam, E., Mandiau, R., and Kolski, C. Application of a holonic multi-agent system for cooperative work to administrative processes. JASS, 2(1): 100–115, 2001.
3. Baillaud, S., and Caelen, J. La traçabilité d'une interface tangible à l'aide d'une base de données spatio-temporelles. Actes de Interactions, Contextes et Traces : Modèles, Méthodes et Applications exploitant les traces d'activités (ICT 2009), Caen, mars 2009.
4. Besacier, G., Vernier, F., Chapuis, O., and Roussel, N. Redirection d'applications existantes et nouvelles interactions pour des usages collaboratifs colocalisés sur une table interactive. In IHM '07: 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, pages 271–274, IRCAM, Paris, 12-15 Novembre 2007, ACM Press.
5. Chalon, R., and David, B. Vidéo TableGate: une table de réalité mixte collaborative et ses applications. In 17ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, pages 347–348, Toulouse, 27-30 sept. 2005, ACM Press.
6. Couture, N., and Rivière, G. Table interactive et interface tangible pour les géosciences : retour d'expérience. In IHM'07: 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, pages 23–26, Paris, France, November 12-15 2007, ACM Press.
7. Dietz, P., and Leigh, D. DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology. In UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, pages 219–226, Orlando, Florida, November 2001, ACM Press.
8. Bellifemine, F., Caire, G., Poggi, A. and Rimensza, G. Jade –a white paper. Technical report, TiLab, 2003.
9. Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003
10. Kubicki, S., Lepreux, S., Lebrun, Y., Dos Santos, P., Kolski, C., and Caelen, J. New Human-Computer Interactions using tangible objects: application on a digital tabletop with RFID technology. In Julie A. Jacko, editor, 13th International Conference, HCI International, vol. 5612 of LNCS, San Diego, CA, July 2009.
11. Kubicki, S., Lepreux, S., Kolski, C., Perrot, C. and Caelen, J. TangiSense : présentation d'une table interactive avec technologie RFID permettant la manipulation d'objets tangibles et traçables. Proceedings of IHM'2009, 21^{ème} conférence de l'Association Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, pp. 351-354, Grenoble, 13-16 octobre 2009, ACM Press.
12. Odell, J. J., Van Dyke Parunak, H., and Fleischer, M. The role of roles in designing effective agent organizations. Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems, LNCS 2603, volume 2603, pages 27–38, 2003, Springer Berlin / Heidelberg.
13. Scott, S. D., and Carpendale, S. Interacting with Digital Tabletops. Computer Graphics and

Applications, IEEE, 26(5):24–27, 2006.

14. Weiser, M. The Computer for the 21st Century. *SIG-mobile Mob. Comput. Commun. Rev.*, 3(3):3–11, 1999.
15. Weiss, G., Rovatos, M., and Nickles, M. Capturing agent autonomy in roles and xml. In *Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, ACM, pages 105–112. Press, 2003.