



**HAL**  
open science

## Plateforme Expérimentale de Réalité Augmentée pour l'Aide à la Navigation Maritime

Olivier Hugues, Jean-Marc Cieutat, Pascal Guitton

► **To cite this version:**

Olivier Hugues, Jean-Marc Cieutat, Pascal Guitton. Plateforme Expérimentale de Réalité Augmentée pour l'Aide à la Navigation Maritime. Association Française de Réalité Virtuelle, Feb 2010, Lyon, France. hal-00459782

**HAL Id: hal-00459782**

**<https://hal.science/hal-00459782v1>**

Submitted on 25 Feb 2010

**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.

# Plateforme Expérimentale de Réalité Augmentée Pour l'Aide à la Navigation Maritime

Olivier Hugues  
MaxSea - ESTIA Recherche  
Bidart, France  
o.hugues@net.estia.fr

Jean-Marc Cieutat  
ESTIA Recherche  
Bidart, France  
j.cieutat@estia.fr

Pascal Guitton  
Université Bordeaux 1 (LaBRI) & INRIA  
Bordeaux, France  
guitton@labri.fr

## RESUME

Cet article traite de l'intégration d'un système de vision doté d'une caméra classique et d'une caméra thermique dans un logiciel de navigation maritime basé sur un environnement virtuel (EV). Nous présentons ensuite un champ exploratoire autour de la réalité augmentée (RA) en situation de mobilité et les différentes applications liées aux métiers de la mer apportées grâce à l'ajout de cette fonctionnalité. Ce travail est réalisé grâce à une convention CIFRE au sein de la société MaxSea.

**Mots Clés :** Réalité Augmentée, Environnement Mixte, Analyse d'Image, Fusion de données extéroceptives, Facteur Humain.

## 1 INTRODUCTION

Les progrès continus des nouvelles technologies entraînent une prolifération de machines portables toujours plus intelligentes et plus puissantes. Les capacités des machines embarquées à bord d'un navire permettent maintenant d'offrir au personnel de bord une qualité de traitement et un volume d'information jusque-là inégalés. Dans un environnement hostile telle que la mer, l'utilisateur a besoin d'un flux d'informations pertinentes. L'aide informatique à la gestion des navires est donc de plus en plus importante et le tout numérique est une évolution inéluctable. Les trois objectifs principaux sont :

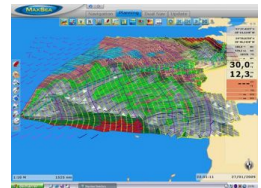
- L'amélioration de la sécurité (des biens, de l'environnement et des personnes).
- L'augmentation des gains de productivité (pêche, ...).
- Les représentations nécessaires pour la maîtrise de l'environnement (pour s'orienter, où suis-je?, où vais-je? ...).

Ces objectifs conduisent les éditeurs de logiciels maritimes à développer des plateformes toujours plus évoluées, en proposant des environnements virtuels très riches et une mise à jour en temps réel des informations. Il existe de nombreuses sociétés sur le marché du logiciel de navigation maritime embarqué séparées en deux catégories. Une première partie contient celles qui développent une application permettant de tirer profit des capteurs embarqués (radar, sondeur, GPS, ...) comme Rose Point [4], editrice du logiciel Coastal Explorer (Figure 1d) ou MaxSea International [14], editrice du logiciel MaxSea TimeZero (Figure 1b). D'autres sociétés

proposent des plateformes matérielles en plus de leurs applications logicielles comme Furuno [10] (Figure 1c) ou Garmin [11] (Figure 1a).



(a) Garmin



(b) MaxSea



(c) Furuno



(d) Coastal Explorer

FIGURE 1: Applications de Navigation

Ces environnements permettent d'améliorer grandement la navigation en ne montrant que l'information nécessaire, par exemple en fusionnant les photographies satellites de la terre et la cartographie maritime comme la PhotoFusion en Figure 2 proposée par MaxSea [14].



FIGURE 2: PhotoFusion (MaxSea) [14]

Il existe un grand nombre de type de données différentes dont la pertinence dépend du contexte d'utilisation. De plus, il faut également prendre en compte les pertes de repères dues au mauvais temps, quand les conditions météorologiques se dégradent (brume, brouillard, mer agitée, ...). La réaction émotionnelle est d'autant plus forte que les conditions sont extrêmes en mer comme en montagne.

Nous décrivons tout d'abord comment nous avons incorporé un système de vision à un logiciel de navigation maritime et les multiples modes de télécommande de la caméra. Dès lors, nous sommes capables d'augmenter le flux vidéo par des informations de l'application d'aide à la navigation maritime. Nous nous appuyons sur les travaux du projet LookSea de la société « Technology System, Inc » [20] en ne proposant pas de système utilisant un casque. Les fonctionnalités de réalité augmentée proposées ouvrent de nouveaux champs exploratoires pour la géolocalisation comme la manipulation d'entité virtuelle dans le réel.

Enfin, la concept même de réalité augmentée n'est pas que purement technologique : il repose également sur les aspects liés à la perception humaine qui dépend aussi de l'héritage génétique et culturel des individus [6]. Il est donc nécessaire de prendre en compte le facteur humain et le stress causé par des conditions de mer difficiles qui sont susceptible d'augmenter les risques d'accidents [12] et de s'adapter à l'utilisateur et au contexte d'utilisation [18, 7].

## 2 ENVIRONNEMENT VIRTUEL

La finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, crée numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel[16]. Dans [15], Paul Milgram définit en 1994 le concept de Réalité Mixte (Figure 3) qui offre un continuum reliant le monde réel (MR) et la Réalité virtuelle (RV) en passant par la Réalité augmentée (RA), la Virtualité augmentée (RV) et la virtualité Augmentée (VA).

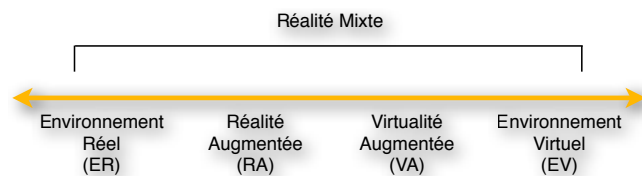


FIGURE 3: Continuum Réel - Virtuel[15]

Dans notre contexte, l'utilisateur à bord d'un navire, se trouve alternativement dans trois des quatre situations de la Réalité Mixte :

1. Le Monde Réel dans lequel il est plongé naturellement.
2. La Réalité Augmentée par l'adjonction des « informations métier » utiles depuis l'ajout de notre système de vision détaillé plus tard.
3. La Réalité Virtuelle adaptée à l'utilisation expliqué dans la section suivante.

### 2.1 L'outil de navigation

L'outil principal de navigation centralise les données produites par l'ensemble du matériel embarqué (radar, sondeur, GPS, ...) et les conjugue avec des bases de données de cartographie maritime, côtière ou de rivière.

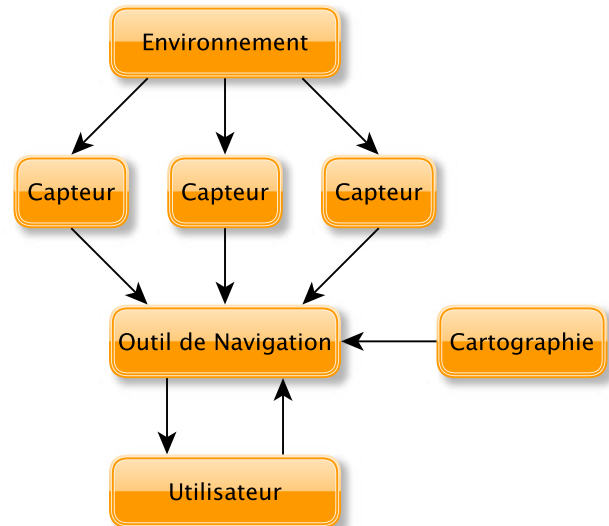


FIGURE 4: Flux d'informations

L'outil de navigation informe l'utilisateur de l'état de l'environnement grâce à une visualisation qui fusionne ces différentes informations en fonction des commandes provenant de l'utilisateur via l'IHM (Figure 4).

Bien que basés sur une cartographie maritime en deux dimensions, les logiciels actuels proposent très souvent des vues en trois dimensions afin d'accroître le réalisme et ainsi optimiser la recherche d'orientation de l'utilisateur.

Dans cet outil, on trouve couramment les objets suivants, dérivés directement du métier de la navigation :

- **WayPoints (WP)** : Objet représentant une balise signalant une position géographique particulière.
- **Route** : Succession de points par lesquels l'utilisateur à planifier le passage
- **Trace** : Succession de point par lesquels le navire est déjà passé.
- **Cibles** : Les cibles se composent de deux grandes familles : les ARPA et les AIS.
  - ARPA : Automatic Radar Plotting Aids : Aide à la détection de cibles (mouvante ou non) à partir d'un éco radar.
  - AIS : Automatic Identification System : Système d'échange automatique de messages entre navires.

Tous ces objets sont présents dans les logiciels de navigation et sont affichés sur la cartographie. Dans la Figure 5, on peut voir un Navire (en rouge), deux WayPoints (en jaune avec une étoile noire) et une Route (en rouge) ajoutés à l'affichage de la cartographie. Ces objets, dessinés de manière vectorielle, sont déplaçables par l'utilisateur (sauf le bateau dont la localisation dépend de la position du GPS).



FIGURE 5: Une Vue de l'Environnement Virtuel

### 3 PILOTAGE DU SYSTEME DE VISION

Nous proposons dans une seule et unique application, deux présentations distinctes (RA et EV) mais complémentaires pour l'utilisateur.

Nous avons placé une caméra vidéo motorisée sur un navire. Cette caméra est motorisée sur deux axes. Elle dispose d'un axe de rotation en Azimuth de  $360^\circ$  et d'un axe de rotation en Elevation d'environ  $90^\circ$ . Elle intègre un gyroscope deux axes pour compenser les mouvements du bateau causés par la flottaison. Cette caméra a aussi la particularité de disposer d'un mode de vision classique noir et blanc (daylight/lowlight) permettant de voir de jour et sous une faible exposition et un mode de vision thermique ultra sensible dans le « moyen infrarouge » (longueur d'onde de  $2,5$  à  $25 \mu\text{m}$ ). Le flux vidéo est incrusté dans l'écran principal du logiciel comme le montre la Figure 8.

Il est possible de piloter la caméra motorisée de quatre manières différentes. La première consiste à utiliser des commandes explicites. Lorsque le curseur est placé dans la fenêtre du flux vidéo et que l'utilisateur presse le bouton central de la souris, il lui est possible d'envoyer un ordre à la caméra. La vitesse de déplacement des moteurs de la caméra est directement proportionnelle à la distance qui sépare le pointeur de la souris du centre de la fenêtre du flux vidéo.

La seconde possibilité est un pilotage implicite qui ne nécessite pas la manipulation directe des degrés de liberté de la caméra. Il est possible depuis un menu contextuel de la cartographie (ou de tout objet dessiné à l'écran) de demander à la caméra de s'orienter dans la direction de l'objet ou de la zone en question comme illustré en Figure 6, et cela à partir d'un simple clic. Nous avons baptisé cette fonctionnalité comme étant une « Réalité Cliquée », par opposition au concept de « Réalité Cliquable » mis en avant par Laurence Nigay dans [13].

Il est possible d'obtenir un suivi de cible (mouvante ou non). Une fois la cible choisie par l'utilisateur, elle peut être verrouillée depuis un menu contextuel dans l'environnement virtuel (Figure 6b) afin que la caméra ne laisse pas la cible quitter son champ de vision. Ce verrouillage est réalisé techniquement par la mise à jour en temps réel de l'orientation de la caméra en fonction de la position de la cible ainsi que, de la position et de l'orientation du bateau.

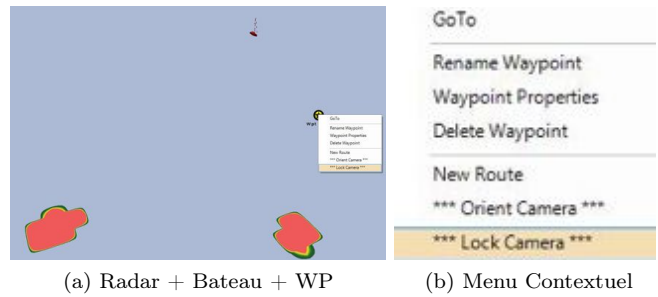


FIGURE 6: EV et Menu Contextuel

Le troisième mode de pilotage de la caméra est basé sur l'utilisation des WayPoints qui représentent une position dans l'environnement réel. Les WayPoints sont créés par l'utilisateur, qui peut modifier leur position (entre autre) à sa guise. Si l'utilisateur décide de verrouiller une cible avec la caméra de type WayPoint par exemple, il lui est possible ensuite de piloter la caméra en déplaçant le WayPoint verrouillé dans l'environnement virtuel.

Enfin, la quatrième possibilité de piloter la caméra est le mode de Supervision illustré en Figure 7 où un objet flottant à la surface de l'eau est visible grâce au mode thermique de la caméra. Cette information, une fois traitée, pourra lever une alarme dans la plateforme de navigation.



FIGURE 7: Supervision permettant de mettre en évidence un obstacle



FIGURE 8: RA et EV (WP dans l'EV et dans vidéo)

## 4 EXEMPLE D'ENRICHISSEMENT

Nous proposons d'utiliser le flux vidéo afin de l'enrichir par des informations de l'environnement virtuel de l'application d'aide à la navigation maritime. Il s'agit d'un système de réalité augmentée avec moniteur vidéo (vision indirecte), où le monde virtuel est augmenté par le flux vidéo, (cinquième catégorie de la taxonomie introduite par Milgram en 1994 [15]). Il faut cependant remarquer que la caméra n'est pas fixée au dispositif de visualisation, mais placée quelque part sur le navire, la position de la caméra par rapport à l'antenne GPS étant connue. Comme nous sommes dans un contexte de mobilité, l'augmentation du flux vidéo fait face à certaines difficultés [23] pour calculer la pose de la caméra. Il nous est en effet impossible d'équiper de marqueurs artificiels [21, 19, 3] tous les éléments du monde réel. Nous devons donc mettre en œuvre un calcul de la pose de la caméra par un système sans marqueur (« markerless »). De telles techniques exploitent les caractéristiques naturelles existantes dans la scène réelle tels que les coins, contours et les segments de droites [22, 5, 9] invariant à certaines transformations. De notre côté, nous avons opté pour l'intégration d'un flux vidéo géo-référencé dans un environnement virtuel où tous les éléments sont eux-mêmes géo-référencés comme en [17, 1].

En s'appuyant sur la taxonomie fonctionnelle de Fuchs [16], nous allons montrer en quatre points en quoi notre plateforme de réalité augmentée d'aide à la navigation maritime se rapproche des concepts admis et en quoi elle propose de nouveaux champs exploratoires.

### 4.1 Réalité Documentée

A l'image de la fonctionnalité de *Réalité Documentée* de Fuchs et Moreau, notre flux vidéo peut être enrichi d'informations identifiant ce qui est visible depuis la caméra, mais sans alignement entre le réel et le virtuel. On remarque que cette fonctionnalité ne respecte pas la troisième propriété des systèmes de réalité augmentée proposée par Azuma [2]. Nous illustrons en Figure 9 les informations de marée dont la hauteur est représentée par le remplissage d'une petite « capsule » et le mouvement de la marée représentée par une flèche directionnelle.



(a) Scène documentée



(b) Capsule

FIGURE 9: Une simple information synthétique non recallée

### 4.2 Réalité à Compréhension (ou a visibilité) augmentée

Il s'agit d'incruster des informations sémantiques telle que la fonction ou la référence des objets réels sur les images

de la scène réelle [8]. Nous nous appuyons sur les données géo-référencées des objets pour informer l'utilisateur sur leur position comme en Figure 10 par exemple où l'on voit l'information de localisation de l'entrée d'un port depuis une vue à bord. Dans cette fonctionnalité, il est possible de prendre en compte la partie thermique de notre système de vision dont le flux est aussi augmenté, comme présenté précédemment en Figure 7.



FIGURE 10: Une information synthétique recallée permet une meilleure lecture de la scène

### 4.3 Association Réel et Virtuel

Cette fonctionnalité représente l'ajout d'objets virtuels à la scène réelle, ou le remplacement d'objets réel par des objets virtuels comme la représentation en 3D de la côte ou des fonds. En plus du problème d'alignement des deux mondes, on se trouve aussi face à un problème de masquage du réel par le virtuel ou inversement. Le problème des occultations peut être partiellement résolu grâce aux techniques de segmentation d'images (seuillage, découpage en régions, ...) permettant de dissocier la mer et le ciel des autres éléments de la scène réelle. Compte-tenu des hypothèses métiers, il est de plus donner la priorité à l'ajout d'un élément virtuel.

Pour l'alignement des deux mondes virtuels, nous utilisons une centrale inertielle disposée sur le navire et prenant en compte le roulis, le tangage et le lacet du bateau. Cette centrale dispose d'un accéléromètre trois axes, d'un gyroscope trois axes et de deux récepteurs GPS éloignés dont la différence de phase permet de calculer l'attitude du navire. La compensation des mouvements du bateau se fait directement en appliquant ces mouvements à la caméra virtuelle de l'environnement 3D.

### 4.4 Réalité Virtualisée

On passe d'un environnement à l'autre. D'une part, notre plateforme est composée d'un EV représentant entièrement l'environnement réel (cartographie, météo, fonds sous-marins, côtes, navires environnants, ...) qui peut servir de substitut à la réalité. D'autre part, nous avons également la possibilité d'augmenter le flux vidéo par des objets virtuels vectoriels n'ayant aucune réalité physique (WayPoints, Routes, Trace, Bouées, ...) comme dans la Figure 11.



FIGURE 11: Objets virtuels sans réalité physique

## 5 CONCLUSION

Dans un contexte de fortes évolutions dans les Interfaces Homme-Machine (IHM) de systèmes mobiles, nous explorons les possibilités offertes par la constitution d'un nouvel environnement mixte suite à l'intégration dans une unique application, d'un environnement virtuel riche et d'un environnement de réalité augmentée. Nous essayons de répondre à la demande de l'utilisateur qui varie en fonction des conditions de navigation. Les fonctionnalités apportées par la réalité augmentée doivent donc différer suivant les personnes et les conditions météorologique, d'où l'obligation d'apporter des informations contextuelles.

## 6 TRAVAUX FUTURS

Etant donné le caractère exploratoire de cette plateforme, plusieurs travaux nous semblent important à approfondir. Outre le défi de l'alignement du monde réel avec le monde virtuel que les mouvements de bateau ne facilitent pas, il nous semble important d'explorer les voies de recherche suivantes divisées en deux catégories. La première concerne les travaux technologiques et techniques et la seconde est relative au facteur humain.

D'un point de vue technologique, nous souhaitons tendre vers un mode de supervision plus intelligent en associant un traitement d'image du flux classique et du flux thermique pour réaliser une levée d'alarme par exemple et à terme avoir un effet sur le pilote automatique navire. Une autre voie se profile dans la fusion des données extéroceptives dans la mesure où la vision par ordinateur vient compléter les données des autres instruments de bord (radar, sondeur, AIS, ...).

D'autre part, nous nous proposons de déterminer dans quelle mesure cette plateforme aide l'utilisateur à répondre à ses besoins d'orientation. Sous quelles conditions il est plus naturel d'utiliser un EV ou la RA pour naviguer et dans quelle mesure il est possible de contextualiser l'information.

Et enfin, nous souhaitons étendre notre plateforme afin qu'elle puisse se généraliser en plateforme de RA disposant d'un EV pouvant être utilisée autant sur mer (en bateau) que sur terre (en voiture ou à pied).

## Références

[1] Amir H. Behzadan and Vinett R. Kamat. Georeferenced Registration of Construction Graphics in Mobile Outdoor Augmented Reality. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 21(4) :247–258, July 2007.

[2] Ronald Azuma, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre. Recent advances

in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6) :34–47, 2001.

[3] Y. Cho, J. Lee, and U. Neumann. A Multi-ring Color Fiducial System and an Intensity-Invariant Detection Method for Scalable Fiducial-Tracking Augmented Reality. In *IWAR*, 1998.

[4] Coastal Explorer. <http://rosepointnav.com/default.htm>, October 2009.

[5] A. Comport, F. Marchand, and F. Chaumette. A Real-time Tracker for Markerless Augmented Reality. In *ACM/IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, ISMAR'03*, pages 36–45, Tokyo, Japan, October 2003.

[6] A.R Damasio. *Descartes's Error*. BasicBooks, 1983.

[7] A.K Dey and G.D Abowd. Towards a Better Understanding of Context and Context-awareness. In *Proceedings of the 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems*, The Hague, The Netherlands, April 2000.

[8] Jean-Yves Didier. *Contribution à la dextérité d'un système de réalité augmentée mobile appliqué à la maintenance industrielle*. PhD thesis, Université d'Evry, Décembre 2005.

[9] T. Drummond and R. Cipolla. Real-time Tracking of Complex Structures for Visual Servoing. In *Workshop on Vision Algorithms*, pages 69–84, 1999.

[10] Furuno. <http://www.furuno.fr/>, Octobre 2009.

[11] Garmin. <http://www.garmin.com/garmin/cms/site/fr>, October 2009.

[12] D. Goleman. *Emotional Intelligence*. NewYork : Bantam Books, 1995.

[13] Laurence Nigay, Philippe Renevier, T Marchand, P Salembier, and L Pasqualetti. La réalité cliquable : Instrumentation d'une activité de coopération en situation de mobilité. *Conférence IHM-HCI2001*, Lille :147–150, 2001.

[14] MaxSea. <http://www.maxsea.fr>, October 2009.

[15] Paul Milgram and Fumio Kishino. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Informations Systems*, E77-D(12) :1–15, December 1994.

[16] Philippe Fuchs. Les interfaces de la réalité virtuelle. *La Presse de l'Ecole des Mines de Paris*, (ISBN 2-9509954-0-3), 1996.

[17] Gerhard Schall, Erick Mendez, Ernst Kruijff, Eduardo Veas, Sebastian Junghanns, Bernhard Reitinger, and Dieter Schmalstieg. Handheld augmented reality for underground infrastructure visualization. *Personal and Ubiquitous Computing, Special Issue on Mobile Spatial Interaction*, 13(4) :281–291, Mai 2008.

[18] B. Schilit, N. Adams, and R. Want. Context-aware Computing Applications. *1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pages 85–90, 1994.

[19] A. State, G. Hirota, D. Chen, W. Garret, and M. Livingston. Superior Augmented Reality Registration by Integrating Landmak Tracking and Magnetic Tracking. *Computer Graphics, (Annual Conference Series)*, 30 :429–438, 1996.

[20] Technology Systems Inc, LookSea 2001.

[21] William A. Hoff, Khoi Nguyen, and Torsten Lyon. Computer Vision-Based Registration Techniques for Augmented Reality. *Intelligent Robots and Computer Vision XV, In Intelligent System and Advanced Manufacturing, SPIE*, 2904 :538–548, November 1996.

[22] H. Wuest, F. Vial, and D. Stricker. Adaptive Line Tracking with Multiple Hypotheses for Augmented Reality. In *ISMAR'05 : Proceedings of the Fourth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pages 62–69, Washington, DC, USA, IEEE Computer Society. 2005.

[23] Imane Maissa Zendjebil, F. Ababsa, J. Didier, J. Vairon, L. Frauciel, and P. Guitton. Réalité augmentée en extérieur : enjeux et état de l'art. *2ième journées de l'AFRV*, 25-26 Octobre 2007.