

Formation par la réalité augmentée a la gestion des interventions

Jean-Yves Didier - Université d'Évry, Laboratoire IBISC

Résumé : La réalité augmentée, ou plus exactement à perception augmentée, permet à ses utilisateurs d'appréhender, directement dans leur espace de travail, des processus, phénomènes ou objets cachés ou virtuels. Nous verrons quelles sont quelques-unes de ses applications au service de la formation pour la gestion des interventions : dans le cadre de la maintenance industrielle, de la supervision de chantiers géotechniques, ou de feux de forêt. Cette présentation met en évidence les défis scientifiques et technologiques auxquels les systèmes de réalité augmentée sont confrontés afin de les rendre utilisables dans le cadre de la formation avec des enjeux sur la localisation, le suivi et la perception artificielle de l'environnement de travail.

Formation par la réalité augmentée à la gestion des interventions

Jean-Yves Didier

Université d'Evry – val d'Essonne / Laboratoire IBISC

Colloque ESSI – 28 novembre 2019



université
PARIS-SACLAY

ScB côte 65.9m

ibiSc

Evry (7.19995m)

- 1 Réalité augmentée et formation
- 2 Localisation et suivi
- 3 Perception artificielle
- 4 Bilan/Perspectives

Réalité augmentée – RA

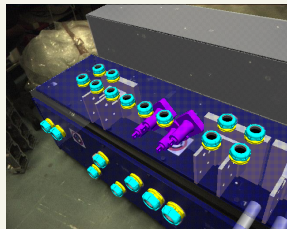
Définition

Technique qui rend possible le **mixage d'entité virtuelles corrélées** avec des informations issues du **monde réel** dans le but d'**enrichir l'expérience utilisateur** de la réalité.

Réalité augmentée visuelle

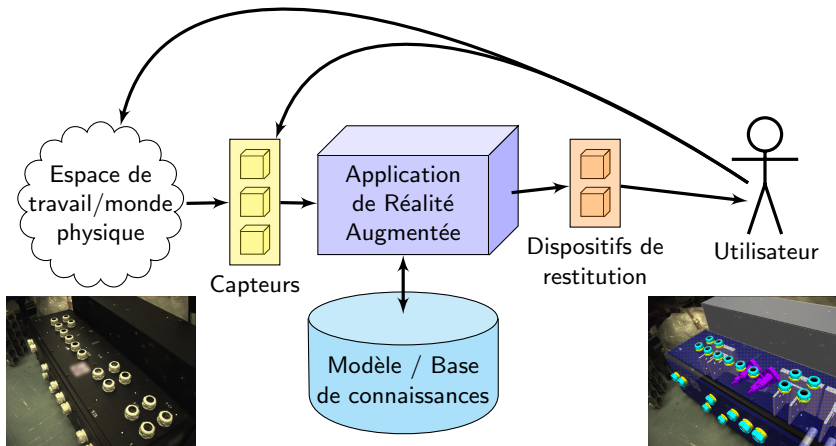
Forme de réalité augmentée la plus commune :

- Monde physique filmé ;
- Incrustation d'images de synthèse.



Système de réalité augmentée

Schéma de principe général



Propriétés des systèmes de RA

Propriétés [Azuma2001]

- 1 Combine objets réels et virtuels dans un environnement réel ;
- 2 Est temps-réel (à faible latence) et interactif ;
- 3 Recale les objets réels et virtuels.

Continuum de Milgram [1995]



Catégories de systèmes (1/2)

Définitions

- **Réalité augmentée en vision directe (RAVD) :**
 - ▶ L'opérateur perçoit directement, le système n'effectue que le rendu virtuel, le mixage s'effectue « naturellement » ;
 - ▶ En anglais : *optical see-through augmented reality*.
- **Réalité augmentée en vision indirecte (RAVI) :**
 - ▶ L'image est filmée, traitée, puis restituée sur un écran (exocentrique).
 - ▶ En anglais : *camera see-through augmented reality*.
- **Repère égocentrique :** la vision est celle de l'utilisateur ;
- **Repère exocentrique :** la vision est celle de la caméra.

Catégories de systèmes (2/2)

Exemple de systèmes

- Lunettes semi-transparentes (RAVD) :
 - ▶ + main libre, – synchronisation.
- Tablette-PC, *smartphone* (RAVI) :
 - ▶ + synchronisation, – main occupée.
- Réalité augmentée basée projecteur (RAVD) :
 - ▶ + main libre, synchronisation ;
 - ▶ – environnement fortement instrumenté.



Types d'intervention

Maîtrise des incendies



Photo – Thomas Bresson – CC-BY-SA

Maintenance / réparation



Photo – C. Mégard / CEA – projet AMRA, 2002

Exploitation des réseaux enfouis



Photo – A. Villeger / CAECE, 2015

Chantier géotechnique



Photo – J.-Y. Didier / IBISC - projet RAXENV, 2007

Apports de la RA à la formation

- Maîtrise des risques dans l'environnement de formation ;
- Mise en situation réelle ;
- Accès contextualisé à l'information ;
- Augmentation de la perception (discerner ce qui est caché) ;
- Assistance à l'utilisateur.

Apports de la RA, que dit la littérature ? (1/2)

Domaine de la maintenance

Bair et al. 1999

- 4 configurations : manuel, écran, lunettes de RA (VD et VI) ;
- +11 %, +45% et +52% par rapport au manuel.

Tang et al. 2003

- 4 configurations : manuel, écran, lunettes avec RA ;
- -82 % d'erreurs d'assemblage pour ces dernières.

Henderson et al. 2011

- Expérience avec lunettes en RA et écrans avec CAO ;
- Rapidité d'exécution de la tâche : +46 % avec la RA ;
- Précision : + 54 % avec la RA.

Apports de la RA, que dit la littérature ? (2/2)

Domaine de la maintenance

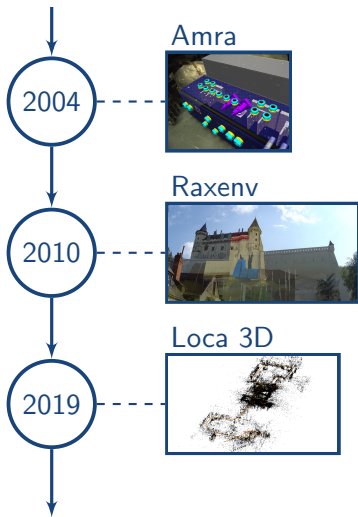
Gavish et al. 2015

- 4 configurations : RA (tablette), RV (casque), contrôle RA, contrôle RV ;
- Temps d'apprentissage plus long pour RA et RV ;
- Diminution significative des erreurs en RA.

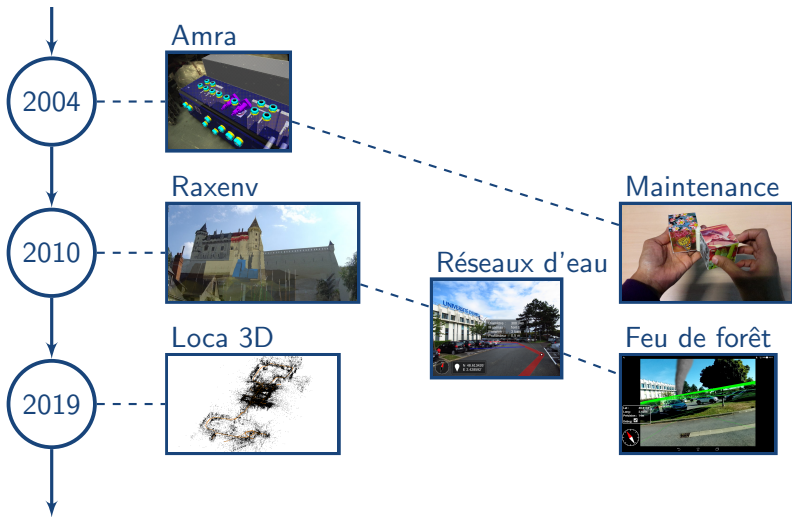
Points de vigilance

- Issus de Tang et al.
- Calibration, affichage, qualité du suivi et recalage.

Projets / applications

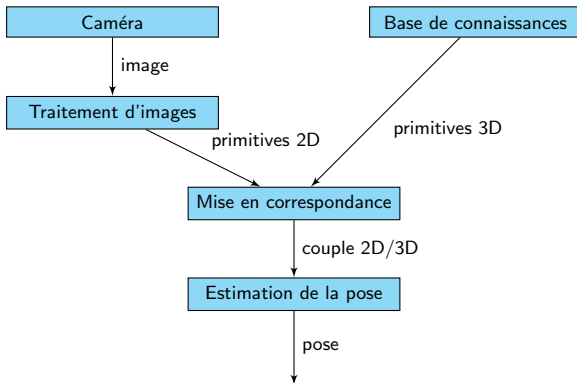


Projets / applications



Fonction de localisation

(Appliquée à la réalité augmentée basée vision artificielle)



Définitions / Types de localisation

Définitions

- **recalage** : technique faisant coïncider point de vue réel et point de vue virtuel en localisant le premier ;
- **suivi** : technique d'optimisation basée sur l'hypothèse de cohérence spatio-temporelle ;
- **estimation de la pose** : technique visant à obtenir la position et l'orientation de la caméra par rapport à un repère donné.

Divers systèmes

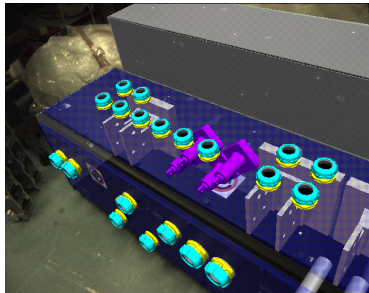
- Utilisation de cibles codées ;
- Localisation basée modèles ;
- SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) : localisation dans un environnement reconstruit en même temps.

AMRA

Assistance à la Maintenance en Réalité Augmentée

Contexte du projet

- Période : 2002-2004 ;
- Financement : RNTL (national) ;
- Partenaires : CEA, ActiCM, Alstom transport, LSC (devenu IBISC).



Objectifs

- **Former** des mainteneurs inexpérimentés ;
- Fournir une assistance contextualisée pour les mainteneurs expérimentés.

RAXENV (1/2)

Réalité Augmentée en eXtérieur appliquée aux métiers de l'ENVironnement

Contexte du projet

- Période : 2007-2010 ;
- Nature : projet exploratoire ;
- Financement : ANR (Agence Nationale de la Recherche) ;
- Partenaires : BRGM, IBISC (localisation), LaBri, ArchiVideo, Lyonnaise des eaux.

Objectifs

- Démontrer l'utilisabilité d'un système de RA pour les sciences environnementales telles que la géologie ;
- Réaliser une localisation robuste à grande échelle.

RAXENV (2/2)

Réalité Augmentée en eXtérieur appliquée aux métiers de l'ENVironnement

Scénario – Château de Saumur

- RA vu en tant que moyen d'accéder à des données géolocalisées ;
- Démonstrateur utilisé en tant qu'outil d'assistance pour gérer un chantier géotechnique.



LOCA-3D

Contexte du projet

- Période : 2018-2020 ;
- Financement : challenge ANR/DGA ;
- Partenaires : IBISC, INRIA (Titane), Innodura TB



Objectifs

- Localisation précise d'agents d'intervention d'urgence, de forces de l'ordre et de forces armées en milieu inconnu ;
- Traiter la problématique des transitions intérieur/extérieur.

Suivre ce que réalise l'opérateur

Problématique : maintenance industrielle

Comment assurer le suivi d'une procédure de maintenance ?
Peut-on se diriger vers un système de certification automatique ?

Suivre une procédure

- Ensemble de gammes de montage/démontage
 - ▶ Détecter les instants d'assemblage/désassemblage.

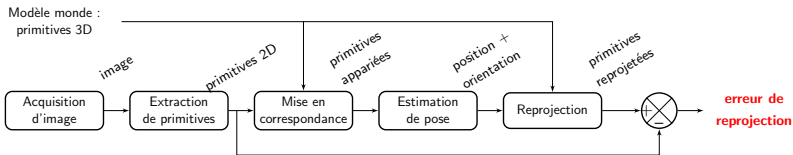
Assemblage : définition restreinte

Liaison rigide entre deux pièces.

Assemblage : définition généralisée

Liaison contrainte en nombre de degré de liberté entre deux pièces.

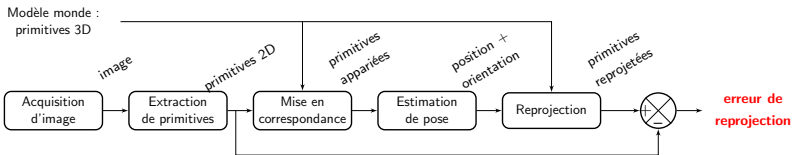
Liaison rigide entre deux pièces



Idée : exploitation de l'erreur de reprojection

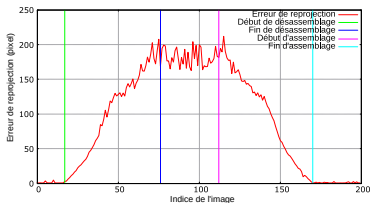
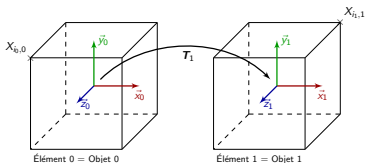
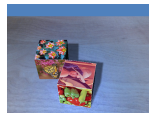
- 1 Est-ce une mesure de l'état d'assemblage ?
- 2 Si oui, comment l'exploiter ?

Liaison rigide entre deux pièces



Idée : exploitation de l'erreur de reprojection

- 1 Est-ce une mesure de l'état d'assemblage ?
- 2 Si oui, comment l'exploiter ?



Détection de l'instant d'assemblage/désassemblage

Utilisation du principe de la carte de contrôle

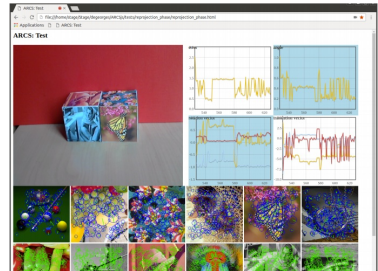
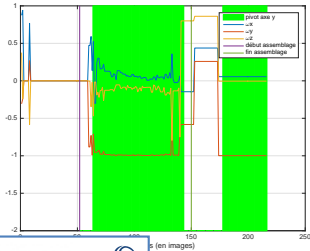
- Détecte le passage d'un état normal à un état anormal ;
- Divers algorithmes fondés sur l'estimation de vraisemblance :
 - ▶ Shewart, GMA, FMA, CUSUM, GLR, MLR...
- Nos propres méthodes (filtrage avec noyau gaussien et estimation de la vraisemblance) : KSUM et KSUMratio

Algorithme	Délai (en nb frames)		Délai (en s)		Exécution (en 10^{-4} s)
	moyenne	écart-type	moyenne	écart type	
Shewart	3.00	29.59	0.125	1.23	8.5
GMA	6.06	24.99	0.252	1.04	26.8
FMA	-34.47	12.07	-1.436	0.50	16.0
CUSUM	1.59	21.34	0.066	0.89	18.9
GLR	18.35	25.86	0.765	1.08	8033.2
MLR	23.82	52.63	0.992	2.19	8312.5
KSUM	-9.41	26.40	-0.392	1.10	6.2
KSUMratio	0.29	26.49	0.012	1.10	6.4

Détection des liaisons mécaniques

Détecter les degrés de liberté

- Estimer la confiance dans la pose calculée en fonction de :
 - ▶ Nombre d'*inliers* et qualité de la correspondance ;
 - ▶ Cohérence spatiale et temporelle (hypothèse de suivi).
- Filtrage par un séparateur à vaste marge (SVM) ;
- Calcul du torseur cinématique ;
- Identification des degrés de liberté.



Formation aux interventions en cas de feu de forêt

Objectifs

- Simuler la phase d'approche d'un feu de forêt en RA ;
- Modéliser le comportement dynamique du feu.



Résultats intermédiaires

- En cours de test sur le terrain ;
- Une complexité limitée de l'application ;
- Démonstration possible pendant la pause.

Bilan / conclusion

Bilan

- La RA a un apport à la formation ;
- Acceptabilité liée à un certain nombre de verrous techniques : localisation, affichage, interprétation de l'environnement ;
- Application de RA efficace pour la formation \neq application complexe.

Perspectives

- Evaluations plus poussée de l'apport de la RA dans le contexte de la formation (en particulier sans lunettes) ;
- Amélioration de la perception de la scène (apports de l'intelligence artificielle).

Questions