

# RÉALITÉ AUGMENTÉE ET PRÉVENTION DES RISQUES

## Apports et limites

Après avoir défini ce qu'est la Réalité Augmentée (RA), cet article montre, au travers d'exemples pris dans le milieu industriel (maintenance, planification et formation), comment des liens peuvent être établis entre cette technique et la prévention des risques professionnels.

Cet article s'intéresse ensuite plus particulièrement aux tâches d'assemblage et de maintenance de systèmes complexes, et à l'apport de la RA lors de la réalisation de ces tâches qui restent accidentogènes.

Ainsi, nous avons pu vérifier l'hypothèse avancée dans la littérature : par rapport à une documentation papier, l'utilisation de la RA permet de réduire les erreurs de réalisation dans les procédures d'intervention. Toutefois, malgré les importants progrès techniques réalisés ces dernières années, nous avons également constaté que ces techniques de RA ne sont pas encore suffisamment matures pour pouvoir être utilisées en conditions industrielles réelles. D'autres résultats soulignent des interrogations sur l'impact de ces nouvelles technologies vis-à-vis des conditions de travail.

### QU'EST-CE QUE LA « RÉALITÉ AUGMENTÉE » ?

Apparue dès la fin des années 60, la RA peut être définie comme l'ensemble des méthodes destinées à améliorer la perception d'une personne vis-à-vis de son environnement réel, généralement par superposition d'images de synthèse (texte, pictogramme, objets 3D...) sur des images réelles.

Par rapport à la réalité virtuelle [1], la réalité augmentée se caractérise par le fait qu'elle enrichit le mode réel au lieu de le remplacer (cf. Figure 1).

Du fait de leur complexité et de leur coût, les premières applications furent réservées au domaine militaire pour l'affichage d'informations virtuelles sur les visières des casques des pilotes d'avions. Le véritable essor de cette technique

date des années 90 avec de nombreuses applications pilotes dans divers domaines (médical, automobile, architecture, culturel, industriel...) (cf. Figure 2).

On distingue deux grandes familles de système de RA avec ou sans marqueurs. Il s'agit là des deux principes permettant de retrouver le point de vue de l'utilisateur (position et trajectoire) afin de faire correspondre la perspective de l'objet virtuel avec celle de la scène réelle et, ainsi, obtenir en temps réel une image synthétique finale cohérente.

Dans le premier cas, des marqueurs (cibles) sont positionnés à des endroits bien précis sur les éléments matériels réels pour lesquels on veut ajouter des images virtuelles, également appelées augmentations. Un ensemble d'algorithmes temps réel de traitement d'images permet de reconnaître, directement depuis le flux vidéo, la présence, la position et l'orientation de ces cibles.

- Réalité augmentée
- Maintenance
- Équipement de travail

► Jacques MARSOT, Frédéric GARDEUX, INRS, département Ingénierie des équipements de travail

► Virginie GOVAERE, INRS, département Homme au travail

#### AUGMENTED REALITY AND RISK PREVENTION - CONTRIBUTIONS AND LIMITS

Following a definition of Augmented Reality (AR), this paper uses examples taken from the industrial sector (maintenance, manufacturing planning and training) to demonstrate how links can be established between this method and occupational risk prevention.

This paper then focuses specifically on assembly and maintenance tasks in complex systems and on the contribution of AR, when performing these accident-causing tasks.

We have been able to verify the hypothesis proposed in literature: compared to paper documents, using AR reduces operating errors in maintenance procedures. However, despite significant technical progress in recent years, we could also observe that IR techniques are still insufficiently mature to be used in real industrial conditions. Other results highlight issues concerning the impact of this new technology on working conditions.

- Augmented reality
- Maintenance
- Work equipment

FIGURE 1

Le « Continuum réel – virtuel » [2]

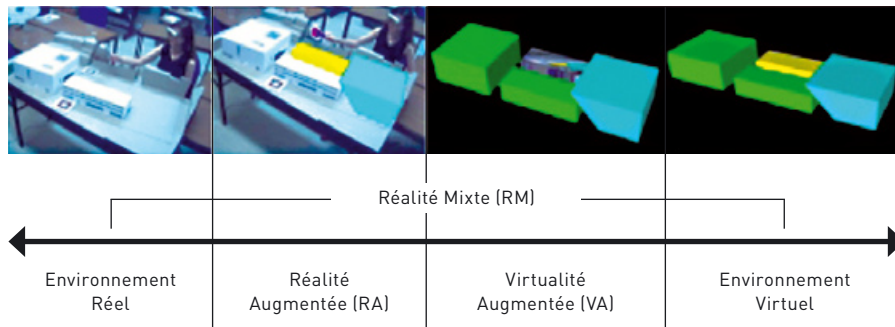


FIGURE 2

Exemples de domaine d'utilisation de la RA



MARKETING - COMMUNICATION  
Présentation de modèles virtuels  
de nouveaux produits



MAINTENANCE INDUSTRIELLE  
Vue d'un équipement réel au travers d'une  
tablette PC « augmentée » d'un objet 3D virtuel



DIVERTISSEMENT  
Visualisation en 3D de personnages virtuels  
de jeux vidéos

Ces paramètres sont ensuite utilisés pour orienter une caméra virtuelle de façon identique à la caméra réelle et obtenir ainsi un alignement des objets virtuels sur le réel (cf. Figure 3).

Dans le second cas, la détermination du point de vue de l'utilisateur est uniquement assurée par un ensemble d'algorithmes de traitements d'images temps réel. Différents points clés sont identifiés dans le flux vidéo (images 2D). Le point de vue 3D est reconstruit à partir de l'analyse des images vidéos successives du fait de la redondance d'informations entre ces images. Ensuite, le principe du traitement reste similaire à celui décrit dans le paragraphe précédent (cf. Figure 4).

D'un point de vue matériel, la plupart des systèmes de RA sont constitués :

■ en entrée, d'une caméra filmant la scène visionnée par l'utilisateur,

■ d'un ordinateur (PC) supportant l'ensemble des algorithmes informatiques,

■ en sortie, d'un système de rendu visuel qui peut être, soit direct au travers de lunettes semi-transparentes (cf. Figure 5), soit indirect sur un écran (tablette PC, PDA, téléphone portable) (cf. Figure 6).

Pour des informations plus détaillées sur les techniques et interfaces de RA, le lecteur peut se référer aux nombreux sites Internet traitant de ce sujet ainsi qu'aux références bibliographiques suivantes [3, 4].

## EXEMPLES D'APPLICATIONS EN LIEN AVEC LA PRÉVENTION

Présenter le potentiel d'applications que la RA compte à ce jour dépasserait largement le cadre de cet article, nous limiterons ici notre propos à quelques exemples pris dans le milieu industriel et pour lesquels un lien avec la prévention des risques professionnels peut être établi. Ils concernent les tâches de planification industrielle, de maintenance et d'assemblage, et enfin la formation professionnelle.

### PLANIFICATION INDUSTRIELLE

Un des principaux domaines d'application de la RA est celui de la planification industrielle. Dans ce type d'application, ce sont généralement des

FIGURE 3

## Illustration du principe d'alignement avec cibles

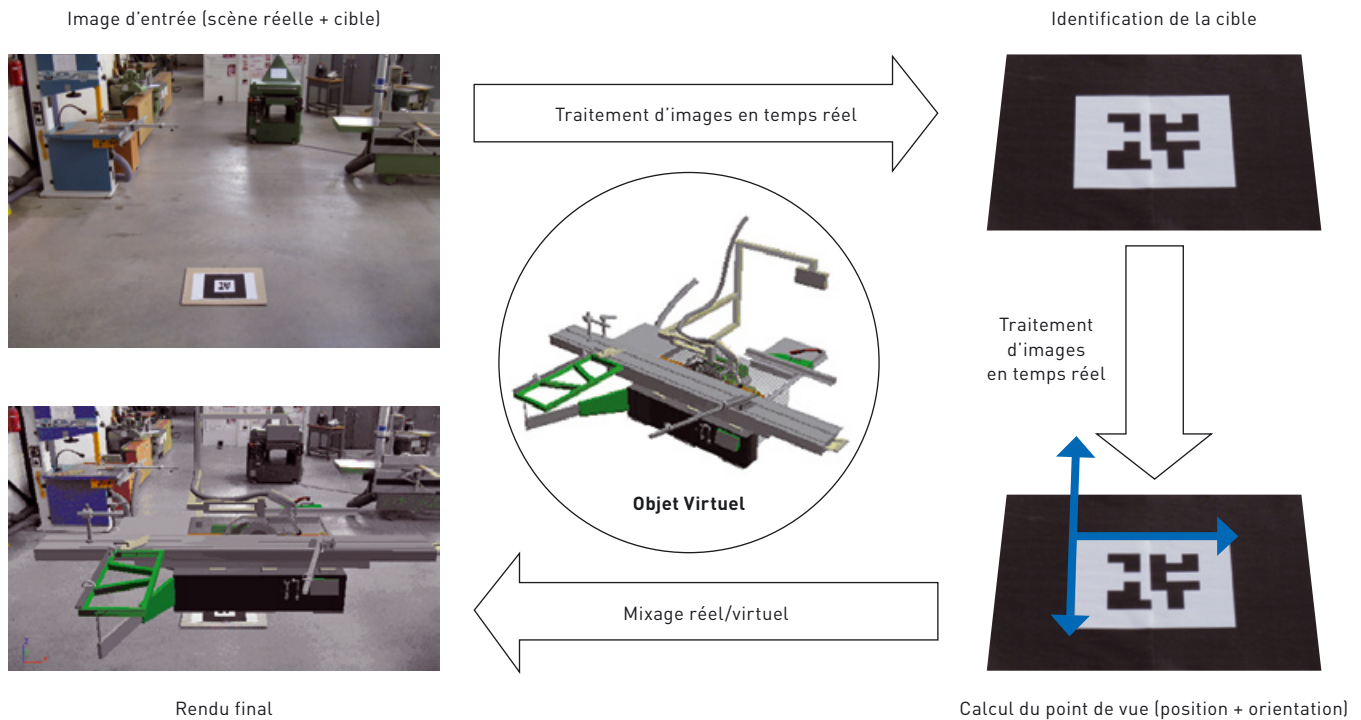
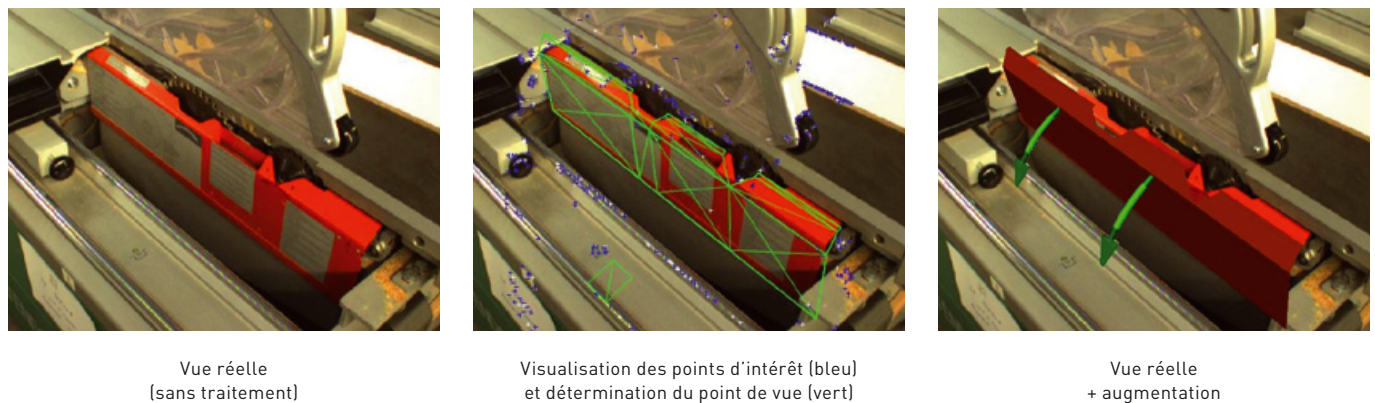


FIGURE 4

## Exemple de points clés relevés dans une image vidéo et incrustation d'un objet virtuel



systèmes de RA avec marqueurs qui sont utilisés. Les cibles sont alors positionnées à l'emplacement des modifications souhaitées. Il est ensuite possible de superposer les modèles numériques des nouveaux équipements.

Le VTT<sup>1</sup> a ainsi développé de nombreuses applications destinées aux architectes pour les aider durant toutes les phases de la conception d'un bâtiment (cf. Figure 7), de l'avant-projet sommaire à la conception ainsi que pour l'aménagement intérieur des pièces [5].

Dans l'industrie, le même type d'application est utilisé pour l'aménagement de locaux ou la modification de lignes de production. La Figure 8 présente à gauche l'image d'un local vide réel dans lequel on a placé un marqueur sur un pilier et à droite l'image augmentée sur laquelle on visualise l'implantation d'un nouveau convoyeur équipé de grilles de protection. Celui-ci peut également être animé, comme un robot avec son cycle de travail. Différents scénarii peuvent ainsi être testés par simple déplacement de la cible [6]. À ce jour, ce type d'application est surtout mis en œuvre dans l'industrie

automobile, par exemple pour tester l'implantation d'un nouveau robot ou le passage d'un nouveau modèle de carrosserie sur une ligne de montage [7].

Ces applications favorisent le travail collaboratif lors des différentes phases de la (re)conception de locaux et de situations de travail. Elles permettent également une plus grande interactivité que les

<sup>1</sup> VTT : Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (Centre national finlandais de la recherche technique) <http://www.vtt.fi/>

FIGURE 5

Illustration d'un système de rendu visuel direct

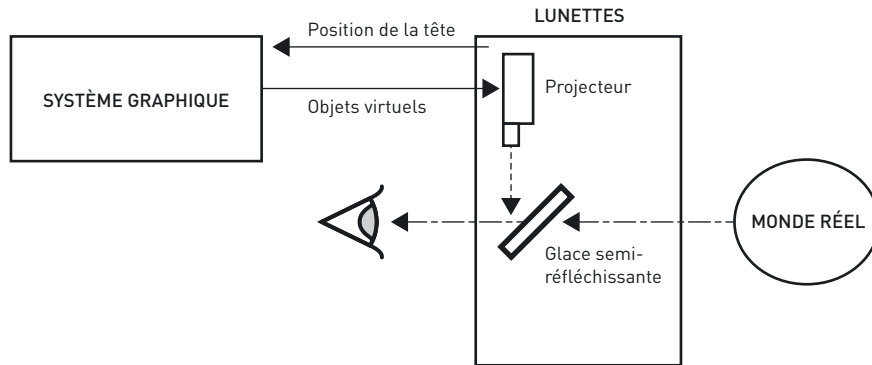


FIGURE 6

Illustration d'un système de rendu visuel indirect

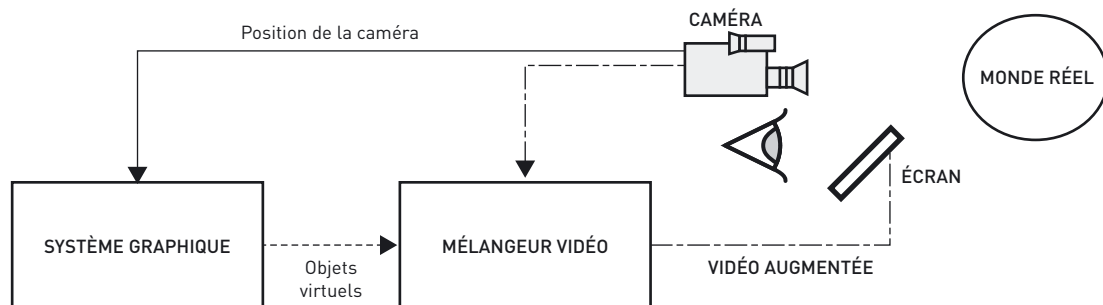


FIGURE 7

À gauche, l'environnement de travail et à droite l'augmentation vue au travers des lunettes semi-transparentes



maquettes en carton parfois utilisées et une meilleure lisibilité que les plans 2D. Il est ainsi possible de tester rapidement différentes hypothèses d'implantation et ainsi éviter des erreurs ayant un impact direct sur la santé, la sécurité et les conditions de travail. Ce sont, par exemple, les risques liés à l'accessibilité des postes de travail, à l'organisation du process de production (manutentions), à l'implantation des circulations et des risques liés à la maintenance du bâtiment (accessibilité aux installations techniques).

Par rapport aux simulations classiques en CAO ou en RV, cette technique présente le double avantage de ne pas avoir à modéliser l'ensemble de l'atelier ou de la ligne de production mais uniquement l'élément que l'on veut insérer et de prendre en compte tous les éléments de l'environnement réel, y compris ceux qui sont venus se rajouter et qui n'apparaissent pas sur les plans initiaux (tuyauteries, passage de câbles, etc.).

## MAINTENANCE ET ASSEMBLAGE D'ÉQUIPEMENTS COMPLEXES

Les tâches d'assemblage et/ou de maintenance de systèmes techniques complexes sont également un des domaines cibles de l'utilisation de la RA. Les principales perspectives attendues sont un gain de productivité et une réduction du taux d'erreur du fait de la contextualisation de l'information.

Ainsi, dès la fin des années 90, Boeing a testé l'utilisation d'un système de RA afin de réduire les erreurs liées à la manipulation de plans électriques de grands formats [8]. De nombreux autres projets de ce type (ARVIKA<sup>2</sup>, STARMATE<sup>3</sup>, AMRA<sup>4</sup>) ont ensuite été engagés début des années 2000 afin

<sup>2</sup> ARVIKA - projet national allemand (1999-2003) : <http://www.arvika.de/>

<sup>3</sup> STARMATE (System using augmented reality for maintenance, assembly, training and education) - Projet IST n° 10202 financé dans le cadre du 5<sup>e</sup> PCRD (1999-2003) : <http://vr.c-s.fr/starmate/>

<sup>4</sup> AMRA (Aide à la maintenance par la réalité augmentée) - projet national français (2002-2004).



FIGURE 8

## Exemple d'utilisation de la RA pour l'aménagement de locaux industriels



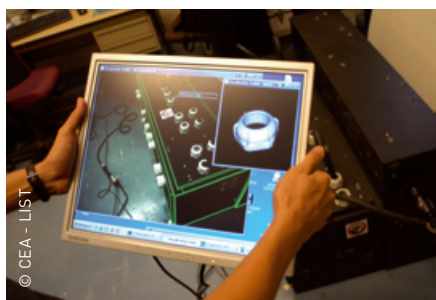
Vue réelle de la zone à aménager avec une cible pré-positionnée sur un poteau



Vue réelle de la zone « augmentée » de l'implantation virtuelle d'un convoyeur et de ses grilles de protection

FIGURE 9

## Exemples de système de RA développés dans le cadre des projets AMRA (a) et ULTRA (b)



(a)



(b)

de montrer les apports potentiels de la RA dans le domaine de la maintenance industrielle (cf. Figure 9).

Ces premières expérimentations ayant mis en évidence des limites technologiques notamment sur la robustesse du calcul du point de vue (recalage virtuel/réel) et sur les aspects mobilité et portabilité des équipements, de nouveaux projets ont alors été engagés entre 2004 et 2007 sur ces points particuliers (ARTESAS<sup>5</sup> MATRIS<sup>6</sup>, ULTRA<sup>7</sup>, SNOW<sup>8</sup>). On peut également citer les travaux du CIOP<sup>9</sup> relatif à l'utilisation de lunettes semi-transparentes pour afficher une alerte (spot rouge) directement dans le champ de vision d'un opérateur [9].

Comparativement à tous ces projets qui portent sur des aspects technologiques, on recense peu de travaux portant sur l'évaluation réelle des systèmes de RA vis-à-vis de support papier avec comme critère le nombre d'erreurs dans l'exécution de la tâche prescrite.

En effet, selon la synthèse bibliographique réalisée dans ce domaine par M. Anastassova, sur 25 études seules 4 portent sur ce sujet [10].

## FORMATION

À l'instar de la réalité virtuelle, la réalité augmentée ouvre de nouvelles perspectives dans le domaine de la formation qui est un des éléments essentiels du dispositif de prévention.

La RA permet à la fois de conserver une situation d'apprentissage en conditions réelles et de rendre visible et maîtrisable ce qui est sujet à difficulté pour l'apprenant. Elle est notamment exploitée pour l'apprentissage de procédures d'intervention complexes. On signalera, par exemple, les travaux actuellement en cours chez Renault SAS pour définir un système de RA à destination des techniciens de garage [10] et le démonstrateur de réalité augmentée « Égypte » de PSA Peugeot Citroën qui a pour but

de former des opérateurs sur les chaînes de montage [11].

La formation aux gestes techniques de précision est également un secteur pour lequel la RA présente un intérêt potentiel. C'est le cas pour la chirurgie où de nombreuses applications ont été développées [12]. Pour ce qui est de l'industrie, on citera l'exemple de l'apprentissage au soudage [13].

ÉVALUATION  
EXPÉRIMENTALE

Comme le montrent les exemples ci-dessus, des liens peuvent être établis entre la prévention des risques professionnels et certains domaines d'application de la RA.

Nous nous intéresserons dans la suite de cet article au secteur de l'assemblage/maintenance de systèmes techniques. En effet, la technologie qui nous entoure, qui plus est dans le domaine des équipements de travail, est de plus en plus complexe, avec de l'électronique embarquée et des automatismes qui permettent des fonctions toujours plus nombreuses. De ce fait, l'installation, l'utilisation, le réglage, la maintenance de ces équipements ne peuvent plus se faire sans avoir recours aux notices d'instructions et autres manuels d'entretien, surtout lorsque la sécurité et la santé des opérateurs dépendent du bon respect de ces opérations [14]. Bien que la conception de ces documents fasse partie intégrante de la conception sûre d'une machine, plusieurs études ont montré qu'ils sont souvent imprécis,

<sup>5</sup> ARTESAS (Advances augmented reality technologies for industrial service applications) projet national allemand : <http://www.artesas.de/>

<sup>6</sup> MATRIS (Markerless real-time tracking for augmented reality image synthesis) projet IST 002013 (2004-2007) : <http://www.ist-matris.org/>

<sup>7</sup> ULTRA (Ultra portable augmented reality for industrial maintenance applications) - projet IST-004734 : <http://www.ist-ultra.org/>

<sup>8</sup> SNOW (Service for nomadic worker) - projet STREP : <http://www.snow-project.org>

<sup>9</sup> CIOP : Centralny Instytut Ochrony Pracy (Centre de recherche polonais sur la prévention des risques professionnels).

inadaptés, voire inintelligibles pour les utilisateurs et de ce fait, rarement lus [15, 16]. Or, une des hypothèses avancées dans la littérature sur l'utilisation de la RA est une réduction du taux d'erreur dans la réalisation des procédures.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons testé une application prototype de RA reflétant l'état de l'art dans ce domaine en 2007, date de son développement et des expérimentations [17].

L'application de RA ainsi testée a été développée sur la base du logiciel de réalité augmentée D-Fusion de la société Total-Immersion<sup>10</sup>, spécialiste du domaine. Elle se caractérise par le fait qu'elle ne nécessite pas de positionner des marqueurs calibrés (cibles) sur les équipements concernés. D'un point de vue matériel, le dispositif se compose d'une tablette PC<sup>11</sup> équipée d'une mini caméra USB<sup>12</sup> (cf. Figure 10). Cette configuration a été préférée aux lunettes semi-transparentes car toutes les études s'accordent sur les faibles performances de ces dernières et sur les problèmes de charge physique, de trouble de la vision, voire de cinétoses qu'elles peuvent générer [18].

Deux scénarii ont été retenus pour l'évaluation de cette application. Il s'agit du changement et de l'inclinaison de la lame sur une scie à format. Ils ont été retenus car ils sont représentatifs d'une opération nécessitant le respect d'une procédure pour la sécurité de l'intervention et, par la suite, de l'utilisation de la machine. Ils ont été réalisés selon les quatre modalités suivantes :

■ « sans doc. » : sans aucune documentation,

■ « doc. papier » : avec la documentation papier d'origine,

■ « RA » : avec l'application de RA dans laquelle étaient repris le texte et les figures de la documentation papier avec des « augmentations » virtuelles,

■ « IHM » : avec l'application de RA mais sans ajout « d'augmentation » virtuelle.

La procédure d'évaluation se base sur l'observation de l'activité des participants (8). Agés de 35 à 58 ans, de formation « technique » (ingénieurs ou techniciens supérieurs) et habitués à utiliser des outils informatiques, ils sont sans expérience vis-à-vis des techniques de RA et des scénarii de tests.

## PRINCIPAUX RÉSULTATS

D'un point de vue quantitatif, c'est avec l'utilisation de la RA que l'on constate le taux de réussite le plus élevé et, comme on pouvait s'y attendre, c'est avec la modalité « sans doc. » que ce taux est le plus faible (cf. Figure 11). Ce gain est dû au fait que la RA a permis de compenser le manque de précision de certaines consignes en localisant de façon précise les actions à réaliser sur l'équipement réel. Ceci est également confirmé par le fait que l'on ne constate pas de différence significative entre les modalités « IHM » et « doc. papier ». Ce n'est donc pas le fait de passer d'un support papier à une application informatique qui améliore le taux de réussite dans la réalisation des scénarii, mais bien l'apport des « augmentations ».

En ce qui concerne le temps de réalisation, on remarque pour les deux scénarii qu'il n'y a pas de différence significative entre les modalités « RA » et « IHM » et que la modalité « doc. papier » est celle qui est la plus performante (cf. Figure 12).

Du point de vue qualitatif, on a observé que l'exploitation des schémas ou des images est conditionnelle : ce n'est que la difficulté ou l'impossibilité de faire une action qui conduit les participants à les consulter. Par exemple, pour le démontage de la lame, la majorité des participants (6/8) ne lit, dans un premier temps, que le début de la consigne « Introduire la clef spéciale et débloquer l'écrou... », puis ils tentent de réaliser l'action demandée. Ce n'est qu'après avoir échoué dans cette tentative qu'ils consultent la fin de la consigne qui précise le sens de rotation « ... en tournant dans le sens horaire (filetage à gauche) » et les schémas (animations dans le cas de la RA) qui indiquent le positionnement de cette clé spéciale (cf. Figure 13).

Cette activité de recherche et de traitement de l'information n'est pas spécifique à ce test. En effet, des comportements similaires sont identifiés avec des populations et des tâches différentes dans des études sur ce sujet [19].

On a également remarqué que la RA peut conduire les participants à se « décharger » sur la prescription fournie. Alors que certaines instructions ou contrôles implicites étaient réalisés avec la documentation papier (par exemple,

la vérification du sens de montage de la lame), ce ne fut pas toujours le cas avec la RA (un participant a, en toute confiance, monté la lame à l'envers car l'application de RA ne lui donnait pas d'indication sur ce point).

Enfin, en ce qui concerne l'utilisation de l'application informatique inhérente à la RA, aucun utilisateur n'a montré de difficultés particulières. Ce résultat n'est cependant pas étonnant du fait des compétences similaires des différents participants dans l'utilisation de matériel informatique.

En conséquence, ces tests semblent confirmer l'hypothèse avancée dans la littérature sur l'intérêt de la RA, à savoir une diminution du nombre d'erreurs dans la réalisation des procédures. Si ce constat est positif pour les tâches exigeant le respect strict d'une procédure, on peut s'interroger sur l'apport de la RA dans les autres cas. En effet, comme tout autre support d'informations, la RA ne remplace pas une expertise ou un diagnostic. On retrouve cette interrogation dans d'autres études sur l'utilisation des NTIC<sup>13</sup> [20]. Ces résultats sont toutefois à prendre avec précaution car ils ont été obtenus avec un faible nombre de participants et une application de RA peu robuste, conditions qui, comme le souligne M. Anassatova, peuvent conduire à des résultats parfois contradictoires [10].

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Concernant la planification industrielle, des solutions sont aujourd'hui opérationnelles et commercialisées<sup>14</sup>. En effet, dans ce type d'application, la principale contrainte technique concerne la précision du recalage virtuel/réel. Les exigences temps réel et mobilité sont, par rapport aux opérations de maintenance, moins fortes, voire pas nécessaires et la zone de travail peut être préparée à l'avance (éclairage, cibles adaptées).

<sup>10</sup> <http://www.t-immersion.com>

<sup>11</sup> *TravelMate C213T Mi-GF1010*.

<sup>12</sup> *Ueye UI-2220-CM*.

<sup>13</sup> *NTIC : Nouvelles technologies de l'information et de la communication*.

<sup>14</sup> *Produit ROIVIS commercialisé par la société*.

FIGURE 10

## Dispositif de RA testé

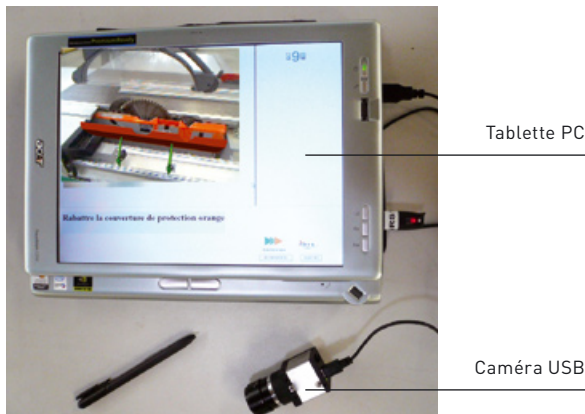


FIGURE 11

## Taux de réussite

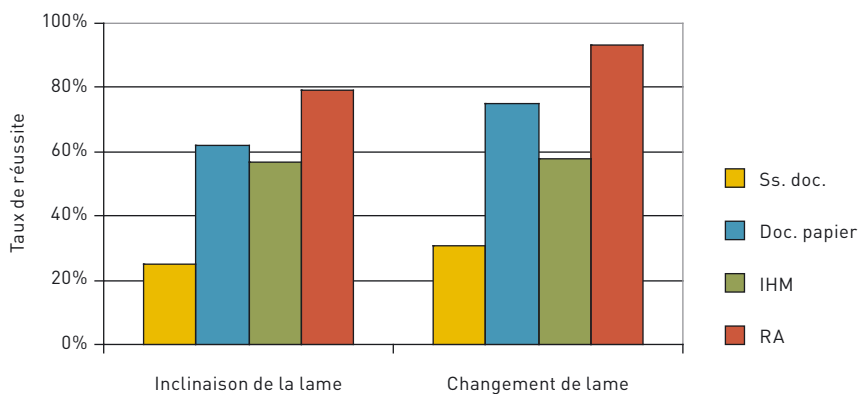
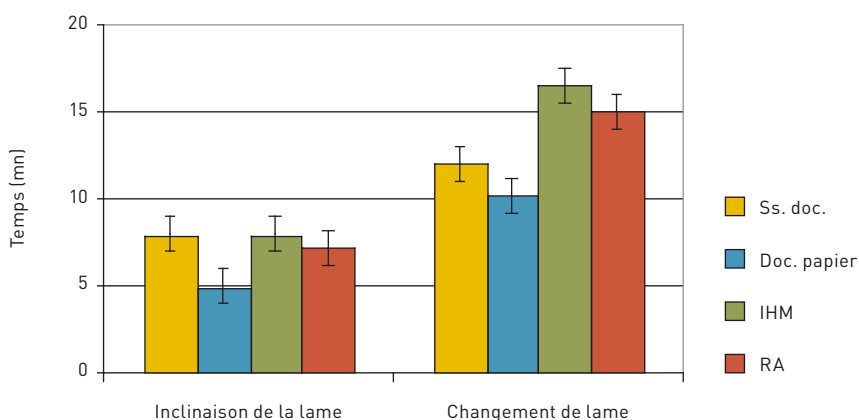


FIGURE 12

## Temps de réalisation



Dans le domaine de la conduite ou de l'assemblage/maintenance de systèmes techniques, nous avons pu vérifier que, malgré les importants progrès techniques réalisés ces dernières années, il subsiste des verrous technologiques importants, notamment la robustesse du recalage virtuel/réel en temps réel et en conditions industrielles, ainsi que la portabilité des équipements. Tant qu'ils ne seront pas levés, il n'est pas envisageable d'utiliser la RA lors d'opérations de maintenance ou de conduite d'équipements de travail.

Les mêmes constats en termes d'utilisabilité et de performance ont été réalisés sur les applications dédiées à la formation professionnelle, notamment celles relatives à l'apprentissage de procédures d'intervention complexes [10]. En effet, bien que les objectifs soient différents - apprentissage ou aide à la décision -, elles ne diffèrent, du point de vue fonctionnel et matériel, que très peu des applications d'aide à la réalisation de procédures.

Si ces verrous technologiques viennent à être levés, poussés par le développement d'applications grand public, notamment dans le secteur des jeux vidéos, il faudra également s'interroger sur :

- la conception et la présentation des informations. En effet, si la RA permet un enrichissement de l'information transmise (animations 3D, annotations contextuelles, interactivité, etc.), l'espace d'affichage des tablettes PC et des HMD<sup>15</sup> est limité. Comme nous l'avons déjà signalé, ce point renvoie aux préconisations sur l'établissement des documents prescripteurs [21].

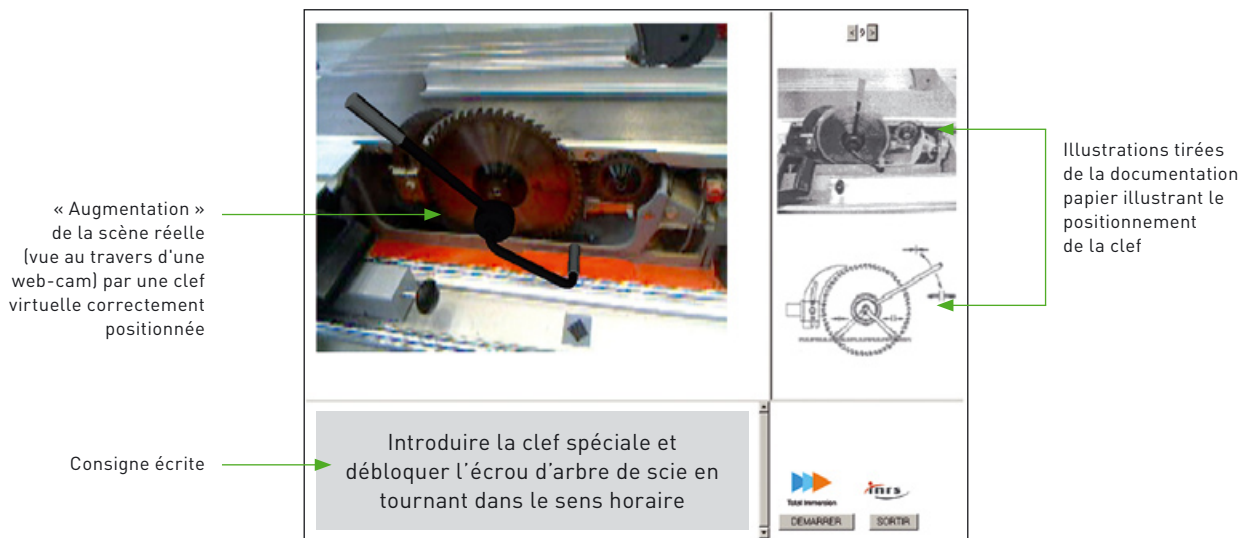
Dans ce domaine, il est important de remarquer qu'il subsiste, pour les supports classiques (papier ou CD/DVD), des marges de progression importantes pour améliorer les notices d'instructions et autres manuels d'entretien [15] ;

- le niveau de sûreté de fonctionnement de ces dispositifs. En effet, il ne faudrait pas que, du fait d'une défaillance, d'une erreur logicielle ou de perturbations environnementales, une mauvaise procédure ou une indication erronée (saut d'une étape ou mauvais positionnement d'une « augmentation ») soit transmise à l'opérateur entraînant des risques pour lui-même et/ou des tiers ;

<sup>15</sup> HMD : Head mounted display.

FIGURE 13

Capture d'écran relatif à l'étape de démontage de la lame



■ l'impact de l'utilisation de nouvelles interfaces de communication (commande vocale, lunettes semi-transparentes, tablette PC) sur les conditions de travail des futurs utilisateurs de ces systèmes de RA. Si ces interfaces sont inhérentes à la RA, elles tendent éga-

lement à se développer dans le cadre d'autres applications, par exemple en télé-maintenance afin de permettre à un opérateur sur site et un superviseur d'échanger en temps réel des informations (image, vidéo, texte, audio) relatives à l'intervention en cours.

Reçu le : 02/09/2008  
Accepté le : 23/01/2009

### POINTS À RETENIR

- La réalité augmentée permet d'incruster des images de synthèse (texte, pictogramme, objets 3D...) sur des images réelles (vidéo).
- Cette technique trouve de nombreuses applications dans l'aide à la décision, l'assistance la formation, pour des domaines aussi variés que l'architecture, l'industrie, le tourisme et la médecine.
- Dans le secteur industriel, une des hypothèses avancée sur l'intérêt de la RA est une diminution du nombre d'erreurs dans la réalisation des procédures complexes, et en conséquence, une diminution potentielle des risques d'accident liés à ces erreurs.
- Les techniques de RA ne sont pas encore suffisamment matures pour véritablement confirmer cette hypothèse.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] CICCOTELLI J., MARSOT J. – Réalité virtuelle et prévention - Apports et tendances. HST, 199, 2005, pp. 99-109.
- [2] MILGRAM P., KISHINO F. – A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information Systems, 1994, E 77D, 12, pp. 1321-1329.
- [3] MALLEM M., ROUSSEL D. – Réalité augmentée - Principes, technologies et applications. Techniques de l'Ingénieur, 2008, TE 5290, 14 p.
- [4] GRASSET R., GASCUEL J.-D. – Réalité Augmentée et environnement collaboratif : un tour d'horizon. AFIG 03, Université Paris 8, Décembre 2003, pp. 36-48.
- [5] WOODWARD C., LAHTI J., RÖNKKÖ J., HONKAMAA P. et al. – Case Digitalo - A range of virtual and augmented reality solutions in construction application. 24th W78 Conference, Maribor. In: 24th W78. Maribor (Slovenia), 2007, pp. 529 - 540.
- [6] DOIL F., SCHREIBER W., ALT T., PATRON C. – Augmented Reality for manufacturing planning. In: International Immersive Projection Technologies Workshop. 2003, pp. 71-76.
- [7] PENTENRIEDER K., MEIER P. – The need for accuracy statements in industrial Augmented Reality applications. In: 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. University of California at Santa Barbara (USA), 2006.
- [8] SIMS D. – New realities in aircraft design and manufacture. IEEE Computer Graphics and Applications, 1994, 14, 2, 91 p.
- [9] DZWIAREK M., LUCZAK A. – Application prospects of the augmented reality technology for improving safety of machine operators. Human-Computer Interaction, New Developments, 2008, pp. 217-230.
- [10] ANASTASSOVA M. – L'analyse ergonomique des besoins en amont de la conception de technologies émergentes : le cas de la réalité augmentée pour la formation à la maintenance automobile. Université René Descartes - Paris 5, Thèse, 2006, 181 p.
- [11] FUCHS P., RICHIR S. – Réalité virtuelle et conception - Principes et applications. Techniques de l'Ingénieur, 2003, AG 2520, 10 p.
- [12] MARESCAUX J., SOLER L., RUBINO F. – Augmented Reality for surgery and interventional therapy. operative techniques in general surgery, 2005, 7, 4, pp. 182-187.
- [13] PARK M., SCHMIDT L., SCHLICK C., LUCZAK H. – Design and evaluation of an Augmented Reality welding helmet. Human factors and ergonomics in manufacturing, 2007, 17, 4, pp. 317-330.
- [14] DEI-SVALDI D. – Une étude des accidents en automatisme à partir de la base de données EPICEA. INRS, HST, 196, 2004, pp. 53-73.
- [15] REINERT D., BRUN E., FLASPÖLER E. – Complex machinery needs simple explanation. Safety Science, 2007, 45, 5, pp. 579-587.
- [16] KRAWSKY G. – Contribution à la conception de notices de montage de grues - Problèmes d'ergonomie et de sécurité. 23<sup>e</sup> congrès de la SELF Lyon (France), 1997, p. 8.
- [17] MARSOT J., GOVAERE V. – Prévention des risques en maintenance industrielle : apports et limites des techniques de réalité augmentée. IHM 2008. Metz (France), 2008, pp. 51-54.
- [18] COSTELLO P. – Health and safety issues associated with Virtual Reality - A review of current literature. Technical Report, Advanced VR Research Centre, Dept. of Human Sciences, Loughborough University (<http://www.agocg.ac.uk/reports/virtual/37/37.pdf>1997), 23 p.
- [19] DENHIÈRE G., BAUDET S. – Lecture compréhension de texte et science cognitive. Paris, Le psychologue, 1992, 317 p.
- [20] BRANGIER E., BOBILLIER-CHAUMON M.E., CYBYS DE ABREU W., MICHEL G. et al. – Analyse psychoergonomique de l'interaction entre l'homme et les NTIC - Introduction à une psychologie de l'environnement digital. INRS, HST, 189, 2002, pp. 15-25.
- [21] LEPLAT J. – Éléments pour l'étude des documents prescripteurs. Activités, 2004, 1, 2, pp. 195-216.