



CAHIER TECHNIQUE

Quand l'industrie simule la réalité

» RÉALISÉ PAR



» JEAN-LOUIS DAUTIN

DIRECTEUR DU CENTRE
DE RÉALITÉ VIRTUELLE
DE LAVAL (CLARTÉ)

Ingénieur de l'institut supérieur d'électronique de Paris (Isep), Jean-Louis Dautin a débuté sa carrière dans l'électronique médicale, puis dirigé le bureau d'études de RéseauMatique, spécialisé dans les serveurs de communication.

Il a créé Clarté, dont il a pris la direction en 1996.

Il y a développé un département réalité virtuelle, en positionnant son action sur la conception d'applications métiers pour les entreprises.

Il a également enseigné la micro-électronique au sein de l'École supérieure d'informatique, électronique, automatique (Esiea).



Les technologies immersives 3D de réalité virtuelle et augmentée commencent à sortir des laboratoires de recherche et développement pour diffuser dans l'industrie, même dans les PME à travers de la prestation de services. Une démocratisation due à l'évolution de ces technologies, mais aussi à une réduction du coût des équipements, souvent comparables à ceux utilisés dans le monde du jeu. Alors que la réalité virtuelle est fréquemment vue comme un outil complémentaire au service de métiers de l'entreprise, la réalité augmentée est bien souvent considérée comme une innovation de rupture, permettant d'aborder de nouvelles utilisations. Ces technologies sont aujourd'hui adoptées, au-delà des industriels précurseurs, par de nombreuses PME. ✕

Le virtuel au service du réel

Utilisant des briques technologiques similaires, réalité virtuelle et augmentée sont souvent associées. Pourtant, leurs usages industriels sont différents. La maturité de leur mise en œuvre et les moyens mis en jeu en font des outils complémentaires pour les industriels, leur permettant d'anticiper toutes les étapes du cycle de vie d'un produit.

Réalité virtuelle et réalité augmentée mettent en œuvre des technologies et des concepts proches, comme le rendu temps réel 3D, l'interaction homme/machine, le tracking de point de vue, ou l'image projetée. En revanche, les usages et les applications industrielles de ces technologies répondent à des fonctions différenciées et présentent des niveaux de maturité différents. La réalité virtuelle (RV) accompagne fréquemment les métiers de l'entreprise, notamment pour la conception des produits et des process. Plus en rupture, la réalité augmentée (RA) est mise en œuvre pour de nouvelles utilisations.

1. RÉALITÉ VIRTUELLE

Des laboratoires aux usines

Longtemps, la réalité virtuelle n'a été qu'un sujet de recherche dans les laboratoires académiques, dans le cadre de projets européens et nationaux. Quelques grands groupes (PSA, Renault, SNCF...) y étaient associés pour expérimenter les applications issues des travaux de recherche. Les objectifs proposés étaient toutefois plus scientifiques qu'applicatifs. Une situation qui s'est inversée à partir de 2004, lorsque certains industriels ont mené des études internes sur les apports potentiels de la RV dans leurs métiers.

Ainsi, DCNS et Thales ont, après une sensibilisation aux technologies de la RV, rédigé des cahiers des charges directement issus de l'analyse de leurs besoins et ont financé des développements afin d'offrir des applications pragmatiques à leurs opérateurs de terrain. Les équipements utilisés pour immerger et faire interagir les opérateurs étaient presque exclusivement de grands murs d'images stéréoscopiques (CadWall, Reality

Center) ou de grandes salles immersives cubiques (Caves, SAS3+) d'un coût élevé (Fig. 1).

L'objectif premier de ces acteurs était l'expérimentation, les opérations de communication interne et externe, ainsi que quelques usages de recherche du meilleur scénario de montage de systèmes complexes.

À partir de 2009, les équipements immersifs se sont diversifiés avec l'apparition de dispositifs « low cost » comme la salle immersive cubique avec écrans souples SASLab, le système immersif LScreen composé de deux écrans (face et sol) de grandes dimensions, voire aujourd'hui le nouveau casque Oculus Rift (Fig. 2), les périphériques grand public issus des jeux vidéo comme les Kinect et les Wiimote utilisables pour certains usages professionnels. Sans parler de la puissance des PC et des cartes graphiques, qui a décuplé à coût constant, et permet une qualité d'image sans précédent sur des données 3D complexes. Le tout sans générer de latence pénalisante pour l'immersion visuelle.

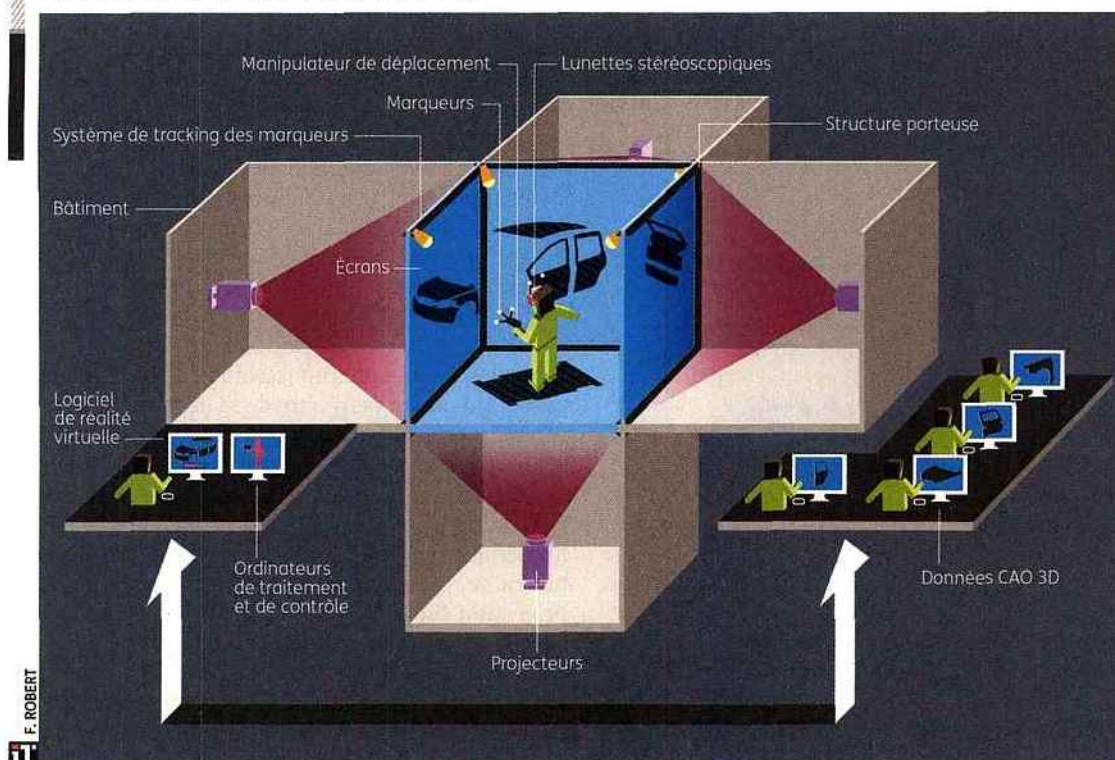
Les plates-formes logicielles se sont quant à elles stabilisées. Elles offrent aujourd'hui une réponse globale en bonne adéquation avec les besoins exprimés par l'industrie. Citons Rhea, développé par EADS IW et utilisé par Airbus, ainsi que sa déclinaison HIM mise au point chez Optis, qui permet d'expérimenter virtuellement des systèmes complexes en cours de conception pour comprendre des espaces, valider des process de montage, évaluer l'ergonomie via un humain virtuel et former des opérateurs. Techviz XL, développé par la société éponyme et utilisé par des donneurs d'ordres comme PSA, Volkswagen ou Renault, permet d'afficher des modèles 3D directement issus de la CAO sans limitation de taille, de résolution ou de performances. Enfin

EADS, D.R.



Airbus utilise l'application de réalité augmentée Mira sur tablette pour contrôler certaines opérations de fabrication, telle la pose de rivets.

Fig. 1
Salle immersive de réalité virtuelle



L'opérateur, géolocalisé par les marqueurs positionnés sur ses lunettes stéréoscopiques, se trouve immergé dans la scène virtuelle 3D. L'affichage reste cohérent avec ses mouvements et son point de vue. Le manipulateur lui permet d'interagir avec des objets placés dans la scène en les saisissant et en les déplaçant.

Improv, développé par Clarté et utilisé par des industriels comme DCNS, Plastic Omnium ou encore Nexter, est destiné à la revue de projets produit/process, ainsi qu'à la formation d'opérateurs à des gestes techniques.

Aujourd'hui, de nombreuses entreprises s'impliquent dans les travaux de R&D visant à augmenter les performances et à réduire les coûts. Outre l'ANR, des acteurs institutionnels plus proches des entreprises tels la DGCIS ou la BPI facilitent le développement d'applications industrielles.

» CE QU'IL FAUT RETENIR

- **Réalité virtuelle et réalité augmentée** mettent en œuvre différentes technologies dont la projection d'image, le suivi de point de vue, le rendu temps réel 3D et l'interaction homme/machine.
- **La réalité augmentée** consiste à projeter des informations numériques géo-localisées sur un environnement ou équipement réel.
- **L'émergence de technologies économiques** rend la réalité virtuelle et la réalité augmentée plus accessibles.

2. RÉALITÉ AUGMENTÉE

Une innovation de rupture

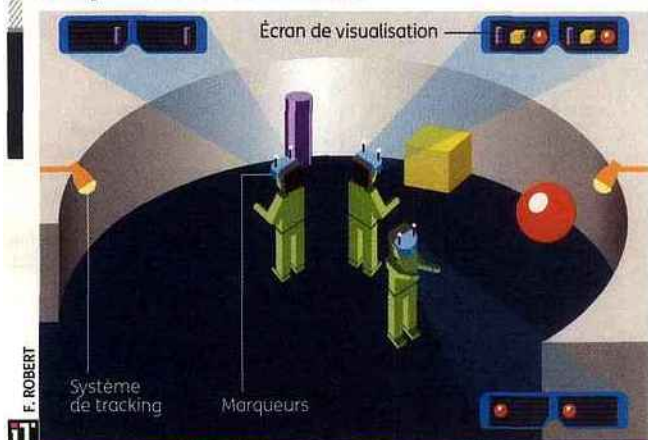
Souvent considérée comme une innovation de rupture par les acteurs économiques, la réalité augmentée figure en tant que telle dans les 34 plans de reconquête du gouvernement. La réalité virtuelle, elle, n'y est présente que par le biais des usages qu'elle sert (usine du futur, navires écologiques, e-éducation...). Une différence symptomatique de la perception de ces deux technologies : un outil complémentaire au service de métiers pour la réalité virtuelle, une innovation de rupture pour la réalité augmentée.

a. Des technologies connues du grand public

La réalité augmentée (RA), qui consiste à projeter des informations numériques géolocalisées sur un environnement ou équipement réel afin d'en faciliter la mise en œuvre ou l'utilisation (**Fig. 3**), est connue grâce à ses applications sur tablettes et smartphones. On utilise l'image fournie par la caméra de l'équipement pour le recalage réel/virtuel et son écran pour la visualisation. La géolocalisation est réalisée soit via un marqueur dédié (une simple boule positionnée précisément), soit par GPS ou reconnaissance d'images. Nombre de

Fig. 2

Casque de réalité virtuelle



Le casque de réalité virtuelle concentre le contenu d'une salle immersive entière. Sa position dans l'espace est suivie par le système de tracking. L'affichage sur les écrans du casque reste cohérent avec les mouvements et le point de vue de celui qui le porte.

musées et d'expositions s'approprient ces technologies pour proposer des visites personnalisées et interactives en prêtant des tablettes.

Les lunettes semi-transparentes (smartglasses) constituent dans l'absolu l'équipement parfait en matière de réalité augmentée, puisqu'elles sont simples à porter, ne génèrent aucune gêne particulière et permettent de voir les informations d'augmentation sans écran intermédiaire. Elles sont dotées d'une mini-caméra et de verres transparents pour voir le réel tout en autorisant une projection sur leur face intérieure via des mini-projecteurs intégrés aux branches. Quelques dispositifs intéressants existent (Laster et Optinvent en France, Vusix M100, Google Glass...). Fragiles, elles sont encore peu utilisées en milieu industriel (Fig. 4).

Les projecteurs couplés à des caméras fonctionnent sur un principe similaire. Dans ce cas, le projecteur permet d'afficher sur une grande surface (paroi d'un local, façade d'un immeuble...) l'image des éléments qui devront y être installés, en recalant ces éléments virtuels à leur emplacement exact grâce à l'image captée par la caméra (Fig. 5).

b. Des usages industriels variés

Du côté des usages industriels qui ont dépassé le stade de l'expérimentation, l'aide à la construction et au contrôle d'installations constitue une voie prometteuse pour nombre d'entreprises dans le transport ou le bâtiment. En utilisant la maquette 3D comme donnée d'entrée contractuelle entre donneur d'ordres, équipementiers et installateurs, la RA projective est l'assistant idéal des différentes phases du process. Lors de la construction, on visualise en les géolocalisant précisément sur la paroi vierge d'un lieu, (bâtiment, avion, navire) les

chemins de câbles, attaches et autres équipements à installer. Les opérateurs n'ont plus qu'à suivre les instructions et les positionnements projetés. Pour la recette finale d'installation, on projette la maquette 3D et l'on identifie visuellement les erreurs et les oublis. Deux applications sont aujourd'hui disponibles sur ce marché avec des ciblage complémentaires: Mira (EADS IW) pour le contrôle, ProjectAR (Clarté) sur l'assistance à la pose.

Autre usage: l'aide à la navigation. Soit la vision tête haute des pilotes d'avion déclinée pour tout type de véhicules, avec en plus un tracking du point de vue du pilote, afin de lui permettre de se déplacer en conservant une vision augmentée cohérente et correctement géolocalisée de la route à suivre.

La RA peut aussi servir pour l'aide à la formation ou à la maintenance, via une projection d'informations numériques sur un dispositif réel, afin d'aider le technicien de maintenance ou d'assister l'apprenant. La projection sur l'équipement réel peut se faire via un projecteur ou une paire de lunettes de RA (Fig. 6). C'est l'application que tous les industriels attendent, mais des progrès sont nécessaires en termes de précision, de stabilité de la géolocalisation, d'ergonomie des dispositifs d'affichage et d'interconnexion avec les PLM d'entreprise.

3. APPLICATIONS

Les pratiques dépendent de la taille des entreprises

Grâce aux progrès technologiques qui ont boosté les performances en tirant les coûts à la baisse, la réalité virtuelle s'est généralisée dans l'industrie.



Renault utilise des simulateurs de conduite dynamiques dotés d'un affichage en réalité virtuelle avec affichage à 200°. Ultimate dispose d'une plate-forme mobile 6 axes posée sur une table XY de 7m de côté.

RENAULT

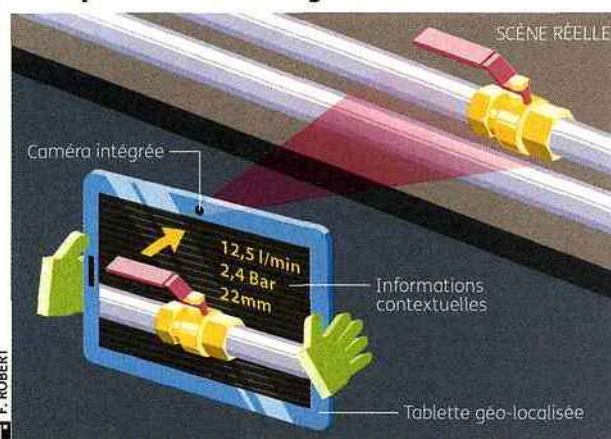
a. Les grands groupes sont équipés

Les grands groupes industriels possèdent généralement des équipements dédiés. Les acteurs du monde du transport (PSA, EADS ou Renault, entre autres) se sont tous impliqués, il y a plus d'une décennie, dans des projets collaboratifs la mettant en œuvre comme Perf RV, Perf RV 2 ou Partage, avec des compétences spécifiques internes importantes. L'implication des « métiers », c'est-à-dire des utilisateurs finaux, a été progressive. On assiste aujourd'hui à une nette évolution de leur stratégie concernant les technologies RV/RA.

PSA, premier groupe industriel français à se doter en 2004 d'un Cave (Computer automated virtual environment), ne l'utilise plus en tant qu'outil de recherche, mais pour le développement de ses véhicules. Cent séances de réalité virtuelle sont organisées en moyenne par projet, selon Stéphane Masfrand, responsable simulation de conduite et réalité virtuelle. Les usages concernent la conception du véhicule, par exemple l'architecture du poste de conduite et la conception des process, comme des vérifications de faisabilité ou la mise au point de postes de travail ergonomiques. Intérêt : des temps de développement réduits, des prototypes physiques économisés et plus de créativité, grâce à la possibilité d'évaluer de multiples hypothèses.

EADS, qui a participé à de nombreux projets de recherche via sa branche EADS IW, a déployé à partir de 2011 au sein des usines Airbus sa plate-forme Rhea. Elle y est utilisée sur différents équipements immersifs pour l'industrialisation des avions lors de revues de projet, mais également pour former les agents de production. De son côté, Renault s'est doté récemment du Cave Iris très haut de gamme (70 millions de pixels 3D) pour la

Fig.3
Principe de la réalité augmentée



La caméra intégrée à la tablette géolocalisée filme la scène réelle. L'ordinateur embarqué analyse l'image et lui ajoute les informations contextuelles nécessaires à l'opérateur. Dans notre exemple, il peut connaître toutes les caractéristiques du fluide contrôlé par la vanne.

conception de véhicule. Renault dispose également d'une installation RA, avec casque à large champ de vision vidéo see-through et de quatre simulateurs de conduite utilisant la RV.

b. Les ETI misent sur les prestataires

Du côté des entreprises industrielles de taille intermédiaire, la règle est plutôt la mise en place de partenariats de développements avec des prestataires extérieurs.

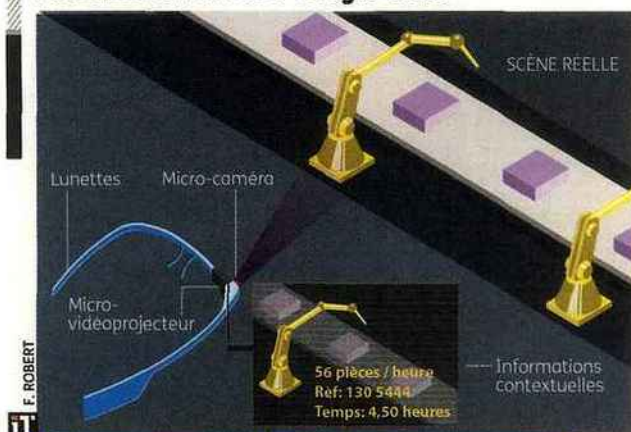
DCNS est le premier grand constructeur naval à avoir souhaité, dès 2004, mettre en place une plate-forme de RV dédiée aux métiers d'aménageurs de locaux techniques. Ce travail confié à Clarté a donné naissance à l'outil Karv (Kit d'aménagement par la réalité virtuelle), puis à la mise en place d'équipements sur les sites de Lorient, Cherbourg et Toulon. Emménagement, préparation d'opérations de maintenance, test de montabilité, revues de projets techniques et commerciales représentent les principaux usages de la RV. Dans le domaine de la RA, DCNS travaille sur plusieurs axes, tels l'aide à la navigation et l'aide à la construction et à l'emménagement.

Toujours dans le domaine naval, le chantier STX s'est doté d'un outil à deux écrans de type LScreen installé au cœur du bureau d'études. Basé sur la plate-forme Improov, ce dispositif accessible aux ingénieurs offre un environnement de travail interactif. Les revues de projets techniques ont été systématisées chez STX, qui utilise également sa plate-forme pour travailler sur les aménagements complémentaires proposés aux armateurs sur des navires en construction.

Dans le secteur automobile, l'équipementier Plastic Omnium a mis en place une démarche originale d'uti-



Lactalis utilise le logiciel ErgoWide3 chez Clarté pour la conception de postes de production de fromages. Cela facilite leur compréhension et le consensus entre concepteurs, utilisateurs et maintenance.

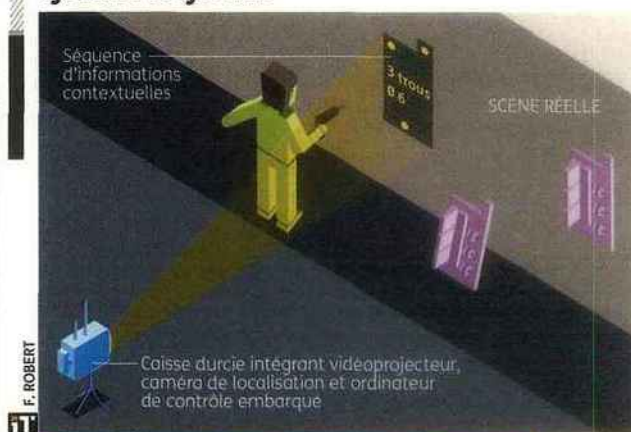
Fig. 4
Fonctionnement des Google Glass

La micro-caméra intégrée dans les lunettes filme la scène réelle. L'ordinateur embarqué analyse l'image et affiche dans un coin des lunettes, via le micro-videoprojecteur, les informations contextuelles nécessaires à l'opérateur.

lisation de la RV. Elle sert au sein de la branche Inergy du groupe (Réservoirs à carburant en plastique), à lutter contre les TMS dans les usines. Des séances de RV avec ErgoWide3 sont systématisées depuis six ans dans le développement des projets d'équipements de production. Elles réunissent ergonomes, agent du bureau d'études, fabricant de la machine, responsable de production, utilisateur et permettent d'améliorer l'ergonomie des postes de travail voire de modifier les process à un coût infime par rapport à des



AIM a utilisé la plate-forme de réalité virtuelle Improov lors de l'extension de son usiné métallurgique, pour valider l'implantation des machines, les flux physiques des produits, l'implantation des réseaux et les circulations dans l'atelier.

Fig. 5
Système ProjectAR

Le système ProjectAR est posé face à la zone où l'opérateur doit intervenir. La caméra filme la scène réelle. L'ordinateur embarqué reconnaît le site et y détermine la position de l'appareil. Il crée alors à partir de la maquette numérique intégrée les images correspondant à la suite des opérations à effectuer, et les projette sur la zone d'intervention.

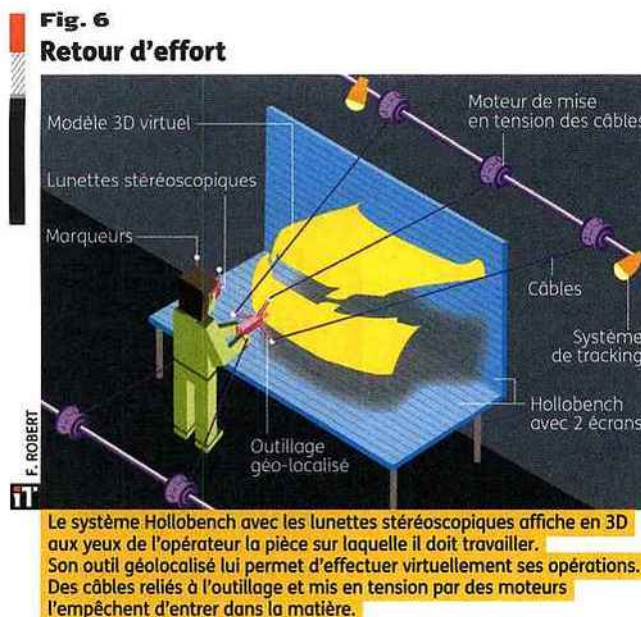
corrections intervenant après la construction. Depuis deux ans, ce sont plus de cinquante machines par an qui ont été passées en revue et améliorées grâce à la réalité virtuelle.

Les industriels de l'agroalimentaire, très innovants en termes de produits et de process de fabrication, ne disposent pas de bureaux d'études spécialisés dans la conception et la modélisation 3D de leurs équipements. L'intégration de technologies RV/RA au sein de ces entreprises ne peut donc se faire que par le biais de prestations, en réponse à des problématiques bien identifiées, notamment pour l'amélioration des conditions de vie au travail.

Ainsi, chez Lactalis, la plate-forme ErgoWide3 a été utilisée initialement pour une meilleure adaptation des postes de travail aux utilisateurs. Mais les opérateurs se sont vite aperçus que la conception en situation immersive apportait une lecture plus facile des environnements de travail, tant pour les utilisateurs que pour les équipes de maintenance et les concepteurs. L'entreprise envisage aujourd'hui d'élargir le champ d'action de la RV afin d'avoir une vision plus globale de ses environnements de travail, voire une aide à l'implantation des machines dans les ateliers.

c. Les PME sont souvent réticentes

Souvent réservées vis-à-vis de la réalité virtuelle et augmentée, les PME l'utilisent toutefois, pour certaines d'entre elles, sous la pression de leurs donneurs d'ordres, ou bien parce qu'elles peuvent en mesurer rapidement un retour sur investissement positif. Ce positionnement exclut de facto l'investissement dans



un équipement immersif haut ou moyen de gamme. « Considérant que la croissance de l'entreprise nécessitait un agrandissement des surfaces de production, nous avons saisi cette opportunité afin de remettre à plat l'ensemble des flux et circulations dans l'usine », témoigne Hugues Douillet, directeur technique du groupe AIM, un transformateur et assembleur de métaux plats.

La virtualisation globale de la nouvelle usine et de ses postes de travail en immersion 3D dans le SAS3+ de Clarté a servi à valider les dimensions générales du bâtiment et son esthétique en mettant en lumière quelques incohérences locales. Cela a aussi permis de positionner précisément les équipements avec une réelle perception des espaces disponibles, des flux physiques des produits, ainsi que des possibilités de passage des réseaux (énergie, fluides...) et des engins de manutention.

AIM a aussi utilisé la RV pour valider ses postes de travail du point de vue de l'ergonomie et de la cadence de production. Enfin, utilisation inédite, AIM a eu l'idée en cours de projet de se servir de ces moyens RV pour assurer le suivi physique de l'élaboration d'un produit et d'en faire un plus commercial permettant au client de visiter l'usine à distance et de visualiser le processus de production le concernant.

« Cette extension est un projet global de près de 10 millions d'euros, qui est lancé pour les trois prochaines années. Face à un tel enjeu, l'utilisation de la réalité virtuelle nous a permis de conforter rapidement beaucoup d'hypothèses et d'éviter des erreurs », explique-t-on chez AIM. Même si elles sont encore peu nombreuses à l'utiliser, des PME peuvent ainsi se montrer intéressées par des outils de RA/RV de plus en plus accessibles, pour une gamme d'utilisations variées. ✕

POUR ALLER PLUS LOIN

Bibliographie Le traité de la réalité virtuelle



Pour tous ceux qui s'intéressent à la réalité virtuelle, qu'ils soient concepteurs d'applications ou utilisateurs, la Bible s'appelle *Le traité de la réalité virtuelle*, aux Presses de l'École des mines.

Cet ouvrage en 5 tomes et 83 chapitres, régulièrement remis à jour, est le résultat du travail collectif de 101 auteurs, coordonnés par le professeur Philippe Fuchs, responsable de l'équipe de recherche réalité virtuelle et réalité augmentée du Centre de robotique de l'École des mines ParisTech.

Ce traité, écrit par les chercheurs et professionnels travaillant dans le domaine de la réalité virtuelle, a pour but de leur fournir un état, aussi complet que possible, des connaissances sur la réalité virtuelle. Il met en avant l'aspect interdisciplinaire du domaine, de l'informatique à la philosophie en passant par les sciences de l'ingénieur, la psychologie ou encore la physiologie. ✕

Événement Le salon de la réalité virtuelle

Année après année, les rencontres internationales des technologies et usages du virtuel, plus connues sous le nom Laval Virtual, ont su s'imposer comme



la grande manifestation française autour des technologies de la réalité virtuelle et réalité augmentée.

La partie salon permet de découvrir ces technologies en évolution rapide et de mieux appréhender leurs usages, ainsi que de découvrir de nombreux projets de recherche. Plus de 110 exposants étaient présents à l'édition 2014 qui s'est tenue du 9 au 13 avril. La partie colloque a rassemblé quant à elle plus de 50 conférences de haut niveau avec des intervenants venant d'une vingtaine de pays.

Ce salon professionnel s'est ouvert ensuite pour tout le week-end au grand public, qui a pu ainsi découvrir les innovations qui feront partie demain de son quotidien. ✕

Vocabulaire professionnel

» RÉALITÉ VIRTUELLE

Technologie de simulation informatique permettant d'immerger de manière interactive en temps réel une personne dans un monde 3D numérique.

» RÉALITÉ AUGMENTÉE

Technologie permettant de superposer en temps réel des informations numériques géolocalisées sur un environnement ou un équipement réel, afin d'en faciliter la mise en œuvre ou l'utilisation.

» SALLE IMMERSIVE

Cube comportant trois à six faces de projection permettant de recréer un monde virtuel en 3D, dans lequel l'opérateur peut se déplacer comme dans la réalité, avec un point de vue cohérent.

» CASQUE IMMERSIF

Masque géolocalisé dans l'espace, dont les oculaires sont constitués d'écrans restituant en temps réel le point de vue correspondant aux déplacements effectués par l'opérateur.

» SMARTGLASSES

Lunettes transparentes dotées dans les branches d'une mini-caméra localisant le point de vue de l'utilisateur dans la scène réelle, ainsi que d'un mini-projecteur affichant sur le verre des lunettes des informations numériques sur la scène.

» RETOUR D'EFFORTS

Systèmes mécaniques (câbles, bras...) bloquant le déplacement de la main ou de l'outil de l'opérateur lorsqu'ils rencontrent un objet virtuel dans l'environnement immersif.