

Prospectives S.MART Feuille de route 2018

1. Réalité Virtuelle et Réalité Augmentée

1.1. *Positionnement thématique, objectifs, verrous scientifiques et technologiques*

Le développement de la société du numérique est un des éléments fondateurs d'AIP PRIMECA qui dès les années 1980 avait pour vocation de déployer ces technologies dans les domaines de l'automatique et de la mécanique pour des applications aux systèmes de production. Le développement exponentiel de ces technologies permet d'augurer une nouvelle phase de déploiement majeur. Il doit permettre la mise en œuvre du concept d'Industrie 4.0 au centre de la stratégie de maintien des systèmes de production européens.

La réalité virtuelle recouvre l'ensemble des technologies, modèles et méthodes qui permettent l'immersion d'un individu dans un espace virtuel. Le principe est de court-circuiter les sens de l'acteur pour le plonger dans un espace virtuel. Ce principe est pratiqué quotidiennement car nous nous immergeons tous dans des espaces virtuels mais la réalité virtuelle fait référence à des espaces fortement immersifs. Les équipements de références sont les CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) ou les Casques stéréoscopiques (Head Mounted Device) mais bien d'autres équipements permettent des expériences d'immersion (PowerWall, immersion auditive, haptique, simulateur de vol ou de conduite, etc.). La réalité virtuelle trompe les sens de l'utilisateur : cela entraîne potentiellement des troubles physiologiques : fatigue, nausée, perte de référence à la réalité, etc. Les nausées sont dues à une déconnexion des sens, en particulier déconnexion de la perception visuelle et de la perception de l'équilibre par l'oreille interne. Suivant les systèmes utilisés des problèmes de vergence visuelle sont possibles. Il y a donc lieu d'être prudent lors du déploiement de ces techniques dans des environnements professionnels. Des études multidisciplinaires sont fondamentales pour consolider la compréhension des mécanismes cognitifs et psychologiques mis en œuvre en réalité virtuelle.

La réalité augmentée quant à elle construit des projections dans l'espace réelle d'informations virtuelles. Elle combine trois fonctions majeures (une fonction de capture du réel qui est en général limitée à la reconnaissance et la localisation des objets de l'espace réel, une fonction de simulation qui produit des informations adaptées au contexte capturé et une fonction de projection d'informations dans l'espace réel. L'application la plus répandue est certainement la technologie GPS (Global Positioning System) mais de nombreuses autres applications de la réalité augmentée existent. Les technologies DVA, pour la détection de victimes d'avalanches est un exemple rarement évoqué dans le cadre de la réalité augmentée mais on retrouve bien les trois fonctions précédentes (localisation de la victime masquée, simulation de la trajectoire optimale pour rejoindre la victime et affichage (audio et ou graphique) du résultat de cette simulation. On distingue la réalité augmentée 2D qui affiche l'information sur des panneaux d'affichage bi-dimensionnelle (lunettes See-Through, SmartPhone, etc) et la réalité augmentée 3D (ou Spatial Augmented Reality) qui projette des contenus 3D sur l'espace réel lui-même tri-dimensionnel.

Les réalités virtuelles et/ou augmentées sont donc des domaines très différents même si les technologies de bases sont communes : informatique graphique, technologies de visualisation, périphériques d'interactions sont largement partagés par les deux secteurs

d'activité. Les principes fondateurs sont connus de longue date : modélisation de projection perspective, compréhension de la perception stéréoscopique (Charles Wheaton 1838 !), etc.

Les applications industrielles se révèlent moins évidentes. Le coût d'investissement et de maintenance de certains systèmes, notamment les CAVEs en font des systèmes réservés à de grands donneurs d'ordre industriels difficilement accessibles pour des PME/PMI. L'absence de standard avéré et les difficultés physiologiques mentionnées plus haut sont aussi des freins évidents au déploiement de ces technologies.

Par son positionnement centré sur les applications industrielles, AIP- PRIMECA est un réseau particulier dans le développement de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée. Au-delà des actions de formations qui permettent aux étudiants actuels de percevoir les capacités de ces technologies et donc de se préparer à leur mise en œuvre industrielle, AIP-PRIMECA en tant que réseau de recherche participe directement au développement de ces technologies et de leurs usages en adressant les verrous scientifiques suivant :

- **La préfiguration des nouveaux environnements de travail** pour les phases de créativité, de conception de produits, d'industrialisation et de suivi de production : de l'aide aux opérateurs en production, à la maintenance des machines en passant par le contrôle qualité, tous les postes de travail peuvent être révolutionnés par l'introduction de ces technologies au même titre que le bureau d'étude a finalement abandonné la planche à dessin au profit de postes CAO. Il s'agit de définir les équipements qui nous environneront le bureau de demain. Il s'agit de développer les périphériques adaptés au déploiement efficace des technologies au-delà de la démonstration d'utilisabilité.
- **L'amélioration des techniques de réalité virtuelles et augmentées via les compétences du réseau.** Il est souvent demandé de reconstruire des environnements virtuels crédibles. Parmi les phénomènes naturellement attendus que doivent reproduire les simulations, la perception de la pesanteur et du comportement mécanique sont fondamentaux et complémentaires des perceptions auditives qui réclament des simulations de son 3D performantes. Le développement des modèles de simulation temps réels demeurent dans les compétences naturelles d'AIP-PRIMECA. La standardisation des processus de conversion du monde de la CAO vers la RV/RA sont aussi des préoccupations naturelles au sein du réseau. De longue date, le réseau a été impliqué dans les recherches sur la simplification et l'idéalisation des modèles susceptibles d'atteindre les performances de simulation temps réel. Ces axes demeurent des axes de recherche et de développements supports au domaine de la RV et de la RA. Les moteurs de jeux (Unity, Unreal, Blender, etc) proposent des simulations physiques simplifiées mais qui ne sont pas toujours compatibles avec les exigences d'exactitude des simulations professionnelles : satisfaisantes pour un jeu, pas assez précises pour des simulations professionnelles.
- **Une amélioration des processus de préparation des scènes de Réalité Virtuelle et augmentée.** Les compétences du réseau S.MART font aussi référence dans la modélisation des systèmes industriels. Un système de RV ou de RA doit bénéficier des compétences de modélisation. Les usages actuels de la RV et de la RA en contexte industriels sont principalement réduits à :
 - la navigation dans des scènes 3D complexes
 - l'entraînement d'opérateurs dans des simulateurs

- des études d'ergonomie

Ces différentes études se caractérisent par une nécessité limitée de développement informatique spécifique à chaque cas d'étude. Il s'agit de charger une scène 3D problème assez bien maîtrisé aujourd'hui. La plupart des démonstrateurs qui tentent d'aller plus loin que ces cas d'usage requièrent une phase de préparation et en général de codage informatique pour modéliser le comportement des scènes virtuelles pour chaque cas d'étude. Dès lors, le déploiement opérationnel de ces processus est fortement limité par ces temps de préparations. Il convient d'étudier et de développer des méthodes génériques de préparation des scènes de réalité virtuelle. Des approches inspirées de l'ingénierie dirigée par les modèles serait ici une plus-value importante pour le développement des techniques de RV/RA.

- **La simplification des expertises métier** : la réalité virtuelle et la réalité augmentée transcendent les modèles d'interaction homme-machine tels qu'ils ont été envisagés jusqu'à présent. Ces technologies sont donc pertinentes pour revisiter toutes les expertises métier et bénéficier de modes d'interaction plus naturelles. Si un réflexe scientifique tente d'automatiser les expertises métiers par la mise en place de systèmes d'intelligences artificielles, les dispositifs de RV et de RA sont l'occasion de replacer les experts humains au centre des processus de décision (« Human in the loop »). Contrairement aux compétences humaines, les outils d'optimisation ont la qualité de pouvoir simuler un grand nombre de solutions mais ne savent pas violer les contraintes prescrites. L'interaction homme machine permet aux experts de reprendre la main dans des modèles de données complexes. Les experts humains sont eux capables de relâcher les contraintes et de prendre des décisions. Toutes les expertises métiers sont ici potentiellement concernées, de la sculpture 3D, au tolérancement de produit 3D en passant par l'optimisation de l'organisation des ateliers de production, etc. Les systèmes de production dans ce cas bénéficient du support novateur de la RV et/ou de la RA.
- **De nouvelles opportunités pour le travail collaboratif** : deux axes de développements sont ici concernés. Les revues de projets où il est nécessaire de partager des informations expertes. Les environnements de revue de projet sont ici à réinventer en bénéficiant de ces technologies. Mais la collaboration est aussi envisageable à distance. Là aussi, inventer la réunion technique en vidéo-conférence ou en immersion partagée à distance offre des opportunités nouvelles. Ces communications distantes sont aussi une perspective pour le support à distance des opérateurs de maintenance qui ne peuvent être spécialistes de toutes les machines. La réalité augmentée doit permettre de communiquer avec un spécialiste et de recevoir des informations contextualisées dans l'espace direct de la machine en cours de maintenance. La réalité virtuelle et la réalité augmentée offrent des possibilités de collaboration avec de nombreux acteurs y compris les utilisateurs ouvrant des pistes étendues pour la conception centrée utilisateur. Là aussi, les systèmes de production bénéficient du support novateur de la RV et/ou de la RA.
- **De l'immersion pour la prise de décision** : enfin ces outils sont aussi l'occasion de créer des environnements virtuels imaginaires qui ne reproduisent pas des environnements réels. De nouvelles métaphores doivent permettre la navigation dans des systèmes d'information complexe. Les métaphores sont alors des

projections de ces systèmes d'informations sous des formes essentiellement visuelles ou auditives qui doivent permettre des prises de décision efficaces. Ce domaine est référencé par la notion d'immersion analytique. Ici tout est imaginable et reste à construire : de l'interface immersive pour naviguer dans les informations d'un système PLM à la navigation dans des domaines abstraits comme ceux proposés par les méthodologies d'innovation comme TRIZ.

1.2. Etat des lieux national et international versus des expertises du réseau

Au niveau international, les USA et le Japon ont une activité très forte dans ces domaines. L'Europe n'est pas en reste et a été à l'origine d'un grand nombre de développements. La France, l'Allemagne, l'Angleterre ont très tôt développé des infrastructures importantes dans le domaine. Ces infrastructures peuvent être coûteuses en investissement tout comme en maintenance. Les acteurs académiques ont un souci fort de maintenance de ces plateformes. L'Université of Illinois à Chicago demeure un centre de référence au niveau international.

En Europe, les projets Intuition (FP6) et VISIONAIR (FP7) ont clairement contribué à la visibilité de ce domaine. Il est à noter que VISIONAIR a fortement impliqué des membres du réseau S.MART (Ecole Centrale de Nantes, Arts et Métiers Paris Tech et Grenoble-INP dont le laboratoire G-SCOP coordonnait ce projet d'infrastructure). Le projet Intuition a conduit à la création de l'association EURO-VR qui pilote la conférence du même nom. L'association EMIRacle a aussi été partie prenante du projet VISIONAIR et crée un lien fort avec les systèmes de production. Cependant le programme cadre H2020 se concentrant sur l'innovation dédiée à des applications par domaine, la place de la visualisation et de l'interaction n'y est pas clairement identifiée. Elles ne transparaissent que comme technologies potentiellement support à des applications par domaines scientifique. Il y a là un vrai risque de perte de compétitivité en recherche dans le domaine puisque les appels à projets ne sont pas directement dédiés aux développements de ces recherches.

En France des EQUIPEX (DIGISCOPE, KINOVIS) ont mis en valeur quelques infrastructures. Comme partout ailleurs les infrastructures existantes restent souvent déconnectées et mériteraient d'être associées en réseau. S.MART peut ici jouer un rôle important. Sur le développement des technologies de base, le CEA (LIST) a investi fortement dans le domaine et possède une avance certaine. Par ailleurs l'AFRV est l'association de référence pour le développement de la réalité virtuelle en France.

Mais les technologies de Réalité Virtuelle et de Réalité Augmentée ne se développent pas qu'au niveau académique. Une grosse part des développements est aussi directement industrielle. Il existe un véritable risque que ces développements se fassent sans contrôle scientifique sur l'acceptabilité des technologies. Beaucoup d'industriels sont favorables à un développement et un déploiement rapide des techniques pour observer ce que le marché retiendra. Facebook avec l'Oculus Rift, Google avec les fameuses google glass, Dassault System fournissent des efforts de recherche considérables à l'échelle internationale. Les recherches académiques doivent se positionner sur des créneaux complémentaires et certainement travailler sur la pertinence des usages envisageables. La France dispose d'un écosystème important avec des PME fortement impliquées dans le développement d'outils

pour la réalité virtuelle : citons les sociétés Immersion, Middle-VR, TechViz, Haption, qui sont des acteurs majeurs de la réalité virtuelle au niveau international.

1.3. Analyse SWOT sur la thématique concernée

- Points forts

Des technologies visuelles autour desquelles la communication est naturelle

Des infrastructures existantes

Un réseau d'acteur AIP- PRIMECA

Des applications dans le domaine des systèmes de production originales

- Points faibles

Thématique fortement reconnue dans le domaine des sciences des technologies et de la communication et moins reconnue dans le domaine de la mécanique.

L'absence de standard de travail

L'absence de plateforme partagée pour le développement de recherches.

- Opportunités

Une dynamique forte autour de l'industrie 4.0

Les entreprises ont besoin de relations avec l'université sur ces thématiques

Une attente croissante des PME/PMI qui souhaiteraient intégrer ces technologies

- Menaces

Une course sur l'évolution des technologies pour la maintenance de plateformes performantes.

Une réactivité trop lente de l'Université et des acteurs de la recherche sur ces thématiques vis à vis des industriels

Une méconnaissance des limites des technologies par les industriels potentiellement utilisateurs (une demande trop forte vis à vis des travaux académiques)

1.4. Synthèse et conclusion

La réalité virtuelle et la réalité augmentée sont thématiques qui doivent raisonner fortement au sein d'S.MART. C'est une opportunité en soit pour le réseau de renouveler ses thématiques et d'afficher leur modernité. De vrais défis techniques restent à résoudre pour en assurer un déploiement efficace. Il convient de se pencher sur l'évaluation de l'utilité de ces techniques plus que l'évaluation de leur utilisabilité. Cela ouvre des perspectives de recherche passionnantes au sein du réseau S.MART.

Un recensement des travaux et des pratiques dans ces domaines au sein du réseau serait à ce jour souhaitable pour organiser un groupe de travail interne au réseau. Le domaine est fortement porté par les technologies et les échanges de pratiques, d'outils et de méthodes seraient une bonne forme de collaboration au sein de S.MART.

Le domaine est fortement interdisciplinaire et les développements au sein du réseau ne peuvent ignorer des réseaux voisins. Notamment des synergies avec l'AFRV devraient être étudiées. Enfin les collaborations avec des disciplines qui utilisent la réalité virtuelle ou augmentée sont des sources d'inspiration importantes pour les applications dans les

systèmes de production : applications à la conservation de patrimoine historique, pour des musées, pour la simulation scientifique, pour des applications artistiques, observation biologique et tant d'autres !

1.5. Liste des contributeurs et remerciement aux acteurs mobilisés

G-SCOP, Pole Dauphiné Savoie

1.6. Bibliographie et références

Sociétés savantes et réseaux nationaux ou internationaux :

- <http://www.eurovr-association.org/>
- www.emiracle.eu
- www.infra-visionair.eu
- <http://www.af-rv.fr/>

Equipex nationaux

- <http://kinovis.inrialpes.fr/>
- <http://www.digiscope.fr/>