

Une capacité à transporter virtuellement le scientifique dans les grands fonds

L'objectif est de répondre avec des technologies nouvelles aux limitations de la vision par caméra pour les interventions sous-marines par rapport à la vision directe. Aujourd'hui, le pilotage d'engin et l'exploration scientifique se basent sur le retour d'images vidéo depuis plusieurs caméras intégrées autour de la face avant du porteur afin d'interpréter l'environnement de travail, identifier les objectifs et gérer les manœuvres. Cette méthode atteint rapidement des limites de performance et d'efficacité dans les tâches d'intervention ; l'humain doit surveiller l'exécution des opérations depuis plusieurs points de vue bidimensionnels pour en déduire une approche tridimensionnelle de la scène, nécessaire à la pose ou à la préhension d'objets (outillage, échantillons...) et à l'analyse de cible (position, dimensions...).

L'enjeu est donc de dépasser cette approche historique par une approche de vision augmentée renouant avec le transport de l'humain dans les grands fonds – ce transport se faisant à terme de manière virtuelle¹.

Les nouvelles techniques de télé-opération, évoquées dans le paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, permettront alors de réaliser des déplacements, des observations et des actions en interface avec l'environnement marin, dans **une démarche imitant progressivement celle de l'humain dans les milieux terrestres**. La transition des techniques de pilotage, dépassant les displays bidimensionnels et les actions d'opérateurs experts intermédiaires entre les scientifiques, la machine et la scène, se fera progressivement et tendra à terme vers un environnement de réalité augmentée ou un scientifique interagira directement avec l'environnement modélisé. **La machine technique s'effacera et donnera au scientifique un ensemble sensoriel, perceptif et gestuel par rapport à une scène étendue**. L'opérateur prendra un rôle de superviseur qui accompagnera l'opération en surveillant sa sécurité, en conseillant sur des aspects pratiques et opérationnels. Les nouvelles techniques constitueront un complément pour enrichir l'expérience de la plongée.

Pilotage de ROV basé sur les technologies de réalité augmentée

L'évolution des modes de pilotage et de la conduite des opérations scientifiques se basera sur plusieurs principes clés :

1. Un modèle visuel tridimensionnel de l'environnement sous-marin

Les mesures de profondeurs issues de sondeurs acoustiques et d'outils optiques (photogrammétrie, profileurs Laser et LIDAR) seront intégrées dans un modèle 3D haute résolution qui cumulera les données d'environnement sur l'ensemble de la plongée et également sur un ensemble de plongées. Le modèle 3D est « habillé » de la texture visuelle fournie par l'imagerie optique photo-vidéo. Ces techniques sont aujourd'hui disponibles hors-ligne, une disponibilité en temps réel, entièrement automatisée, est envisageable d'ici 2 ou 3 ans. Le visionnage de ces modèles sera possible de façon classique par écran 2D-3D, ou de façon immersive avec des outils de type casque virtuel. Le modèle 3D étant géo-référencé, l'analyse dimensionnelle est directement transposable par opérations graphiques.

2. Intégration de données multidimensionnelles

Le modèle d'environnement sera enrichi avec des « couches » thématiques correspondant à des données de capteurs métiers spécifiques, qu'elles soient réalisées au cours de la plongée ou lors de plongées antérieures. Pratiqué au stade actuel dans les outils SIG 2D et 3D hors ligne, les

¹ Les techniques de réalité virtuelle se réfèrent souvent à une mise en correspondance de modèles de structures connues avec des données sensorielles. Ici, il s'agit d'utiliser des techniques de type SLAM (simultaneous localization and mapping) en milieu naturel non-structuré.

« layers » métiers seront une aide précieuse dans l'exploration de sites. L'analyse différentielle entre données antérieures et nouvelles représente une perspective particulièrement riche (caractérisation de l'évolution temporelle de l'environnement).

3. Le positionnement du point de vue relatif au modèle étendu d'environnement

Grace à la construction du modèle tridimensionnel et visuel de l'environnement, le scientifique pourra naviguer dans un environnement virtuel, sans être limité par le champ de vision instantané du robot². L'indication du champ de vision réel et surtout du champ atteignable par les manipulateurs (bras, sondes, préleveurs...) dans le modèle global permettra en même temps de guider les actions d'intervention, et de fournir les bases pour une nouvelle ergonomie graphique permettant de situer des commandes dans le modèle d'environnement.

4. Vers des manipulations entièrement automatisées

Aujourd'hui, en fonction des objectifs définis par les scientifiques, l'opérateur analyse la faisabilité des opérations demandées et estime le positionnement le plus adéquat pour le ROV puis réalise l'ensemble des actions de télémanipulation. L'objectif sera de réduire autant que possible l'intermédiaire entre le scientifique et la zone de travail, au travers de fonctions automatisés. Les manipulations pourraient être réalisées à terme par un scientifique au travers d'une machine virtuelle, facilitant l'ensemble des opérations grâce à des fonctions entièrement automatisée comme la saisie graphique des cibles de manipulation (coraux, roches...) au travers du modèle d'environnement et la gestion automatique des outillages standards (carottiers, aspirateur, sondes...).

5. L'aide à l'analyse par intelligence artificielle

La reconnaissance d'espèces, de phénomènes géologiques et de concordance de signatures de mesures, indiquera en temps réels des éléments potentiellement intéressants aux scientifiques. Une action de prélèvement ou d'analyse in-situ pourra être motivé par des détections algorithmiques d'anomalies.



Figure 1 : exemples de fonction de vision augmentée

² Un « robot virtuel » matérialisera graphiquement le point de vue par rapport à la scène

6. Modèle diffusé et exploration partagée

La construction progressive du modèle sera adaptée à une diffusion par lien satellite aux laboratoires terrestres. Les dispositifs de la téléprésence bénéficieront des techniques immersives dans les modèles multidimensionnels de l'environnement. Sans être présent sur le lieu d'opération, des équipes pourront participer aux travaux à distance (compétences complémentaires etc.), en temps réel ou en temps différé. Des annotations et autres points d'intérêts permettront d'organiser un véritable travail collectif au travers d'une interface commune. Ces perspectives se concrétiseront au fur et à mesure au travers de plusieurs étapes et sur un horizon de plusieurs années.