



HAL
open science

Sismage-VR : un outil collaboratif en réalité virtuelle pour l'analyse géologique

Alexis Clay, Valentin Gaillard, Théo Videau, Lionel Boillot, Frédéric Pivot,
Gaëtan Fuss

► To cite this version:

Alexis Clay, Valentin Gaillard, Théo Videau, Lionel Boillot, Frédéric Pivot, et al.. Sismage-VR : un outil collaboratif en réalité virtuelle pour l'analyse géologique. ERGO'IA 2023, Oct 2023, Bidart, France. hal-04405056

HAL Id: hal-04405056

<https://hal.science/hal-04405056>

Submitted on 19 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sismage-VR : un outil collaboratif en réalité virtuelle pour l'analyse géologique

Alexis Clay

Immersalis, 97 Allée Théodore Monod, 64210 Bidart, France
Univ. Bordeaux, ESTIA-Institute of Technology, EstiaR, F-64210 Bidart, France
alexis@immersalis.com

Valentin Gaillard

Théo Videau

Immersalis, 97 Allée Théodore Monod, 64210 Bidart, France
valentin@immersalis.com
theo@immersalis.com

Lionel Boillot

Frédéric Pivot

Gaëtan Fuss

TotalEnergies
Centre Scientifique et Technique Jean Feger
Avenue Larribau, 64000 Pau, France
lionel.boillot@totalenergies.com
frederik.pivot@totalenergies.com
gaetan.fuss@totalenergies.com

Abstract

Sismage-CIG is a software suite developed at TotalEnergies for analyzing and visualizing 3D data of the underground. Designed for experts in geology studies, it is a highly complex systems, with a plethora of functionalities and possible visualisations, and requires a specific experience to properly use. As such, it is not adapted to higher-level collaborative work, especially if the collaborators are not regular users. In this paper, we present the work-in progress of Sismage-VR, a collaborative visualisation tool in virtual reality, that allows gathering experts and decision makers for immersive data visualisation of earth subsurface data and intuitive manipulation.

Author Keywords

réalité virtuelle; collaboration; géologie

CCS Concepts

•Human-centered computing → Visualization systems and tools; Virtual reality; Human computer interaction (HCI); •Applied computing → Earth and atmospheric sciences;

Introduction

Sismage-CIG™ est la plateforme logicielle propriétaire de TotalEnergies pour la gestion de la chaîne intégrée géosciences, de l'interprétation sismique au modèle réservoir.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author. ERGO'IA 2023, October 10–13, 2023, Bidart, France.

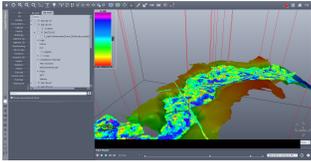


Figure 1: Sismage-CIG : Exemple de visualisation d'un site de forage avec les trajectoires de puits (en rouge).

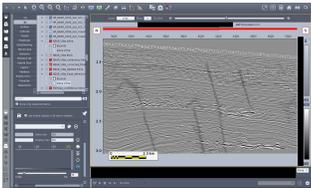


Figure 2: Sismage-CIG : Exemple de visualisation d'une coupe géologique de terrain.

Elle permet notamment la visualisation croisée de plusieurs types de données, à différentes échelles (figure 1 et figure 2). Il s'agit d'une suite logicielle complète et éminemment complexe à manipuler. Elle s'avère donc inadaptée à la conduite de réunions collaboratives, où la visualisation et l'interaction intuitive priment sur les fonctionnalités techniques, en particulier lors des phases amont d'un projet de forage.

Besoin initial

La possibilité d'afficher des scènes 3D est une fonctionnalité clé de Sismage-CIG pour nombre de ses cas d'utilisation. Par exemple, pour définir la trajectoire des instruments de forage en vue de l'exploitation d'un gisement, les experts géologues et géophysiciens manipulent des modèles 3D du sous-sol. Dans un autre contexte, les décideurs s'appuient également sur ces représentations 3D pour comprendre les incertitudes liées à une interprétation afin de rendre leur verdict avec un maximum d'informations. Enfin, en sessions de formation, les formateurs s'appuient sur des visualisations 3D pour expliciter la complexité des sous-sol et garantir une interprétation juste par les apprenants.

Aujourd'hui, ces réunions sont conduites sur des écrans et à l'aide d'interfaces 2D, avec à un instant donné une unique personne en charge de manipuler la vue 3D. En pratique, l'utilisation de tels affichages, y compris de larges écrans incurvés ou des murs d'écrans, soulève des limitations récurrentes et parfois critiques. Ainsi, la complexité de l'interface induit que les manipulations effectuées par la personne en charge sont difficilement visibles par les collaborateurs spectateurs, qui ne voient que les changements résultants sur le modèle 3D. La complexité de la scène rend l'établissement de visualisations optimales un exercice nécessairement collaboratif, mis à mal par la possibilité de n'avoir qu'un unique manipulateur à un instant

donné. Par exemple, lorsque plusieurs objets complexes se chevauchent, certains parce qu'ils partagent effectivement des points de l'espace, et d'autres par des mécanismes d'occlusion, il est difficile même pour une seule personne de trouver les actions les plus adéquates afin de rendre la perception du 3D possible sur l'interface 2D.

Ce deuxième exemple illustre un cas où l'interaction complexifie l'établissement d'un modèle mental approprié aux données analysées, là où le premier met en relief la difficulté de partager efficacement un tel modèle mental. Une fausse représentation de la scène est alors probable et entraînerait des conséquences néfastes pour l'entreprise. Dans le cas du choix d'une trajectoire de forage, une bonne interprétation est ainsi cruciale pour éviter des trajectoires erronées, extrêmement coûteuses à corriger ensuite.

Pour résoudre cette problématique, TotalEnergies s'est adressée à l'entreprise Immersalis pour concevoir et développer un outil collaboratif et immersif de visualisation des données géologiques. L'objectif de ce développement est double: le premier objectif est d'offrir une visualisation en réalité virtuelle immersive des données 3D de terrains, afin d'offrir un point de vue et donc des analyses alternatives de ces données par les experts. Le second objectif est de fournir un mode multi-utilisateurs de visualisation pour favoriser la réflexion collaborative sur ces données, sans être entravé par la complexité d'utilisation inhérente à Sismage-CIG. La réalité virtuelle est une technologie sur laquelle de futurs utilisateurs peuvent avoir du mal à se projeter. Au lieu de commencer par une étude prospective des utilisateurs, nous avons donc pris le parti de développer un premier système en nous appuyant sur l'expertise métier de la cellule innovation de Sismage. Ce premier prototype permettra dans un futur proche de procéder à une évaluation par les

utilisateurs finaux et ainsi de définir les nouvelles orientations de développement.

Visualisation de données en réalité virtuelle

Ces dernières années, la visualisation de données en 3D en réalité virtuelle est devenue un domaine de recherche prometteur avec des applications potentielles dans des domaines allant de la médecine à l'ingénierie. Dans la recherche ou l'industrie, la réalité virtuelle est devenue un outil de plus en plus populaire pour la visualisation de données, en particulier lorsqu'il s'agit de traiter des ensembles de données 3D complexes. Avec la capacité de créer des environnements immersifs et interactifs, la réalité virtuelle offre un point de vue et des interactions alternatifs aux visualisations classiques, à même de provoquer de nouveaux angles d'analyse [10]. Trois avantages principaux se dégagent alors de la visualisation de données en réalité virtuelle([9] [8] [11]). Tout d'abord, l'immersion permet la visualisation de variations subtiles qui ne seraient pas immédiatement apparentes à travers des visualisations 2D. Ensuite, la réalité virtuelle facilite le travail collaboratif en temps réel, dans un référentiel spatial commun. Enfin, la réalité virtuelle offre une visualisation holistique des données 3D et une interaction intuitive, permettant ainsi de rapprocher des experts de domaines différents.

Ces systèmes de visualisations en réalité virtuelle sont aujourd'hui utilisés dans différents domaines industriels, comme en architecture [2], en biologie moléculaire [4], ou dans l'enseignement de la médecine [3]. Plusieurs systèmes existent également pour l'analyse des sous-sols pour l'industrie pétrolière [1]. Cette dernière application notamment est très récente et ne répond pas au besoin de lien direct avec les données de Sismage-CIG.

Systèmes collaboratifs métiers en réalité virtuelle

Le travail à distance est désormais bien ancré dans nos pratiques, supporté par plusieurs modalités de communication (chat textuel, chat vocal, visio-conférence) et de collaboration à distance (tableaux blancs virtuels, outils spécifiques). Chaque modalité présente des atouts et inconvénients et peut être utilisée séparément ou en conjonction. Dans une visioconférence, le chat textuel est typiquement un canal de communication parallèle, aux impacts positifs (par exemple pour gérer le flux des échanges) ou négatifs (divisant l'attention des participants) [7]. La modalité sonore est indispensable à une bonne communication, mais les apports de la visioconférence sont plus mitigés: le canal vidéo permet en effet de percevoir un langage non-verbal indispensable à une communication fluide, communication qui reste cependant entravée par le manque d'un référentiel commun [6].

La réalité virtuelle, même si elle présente aujourd'hui d'autres limitations (avatars peu réalistes, manque d'expressions faciales...) offre déjà une alternative viable à la visioconférence. Une étude extensive sur plus de 200 participants comparant des collaborations en visioconférence et en réalité virtuelle montre que si aujourd'hui aucune différence notable de performance n'est mesurée sur les tâches étudiées, les interactions entre participants en réalité virtuelle sont moins formelles et plus proche des interactions en face-à-face que les interactions en visioconférence [5]. Il convient cependant de considérer les évolutions à venir du domaine de la collaboration en réalité virtuelle pour se projeter dans de futurs usages.

SISMAGE-VR, un outil collaboratif pour l'étude géologique en réalité virtuelle

Nous avons donc conçu et développé Sismage-VR, un outil en réalité virtuelle pour la visualisation collaborative de don-

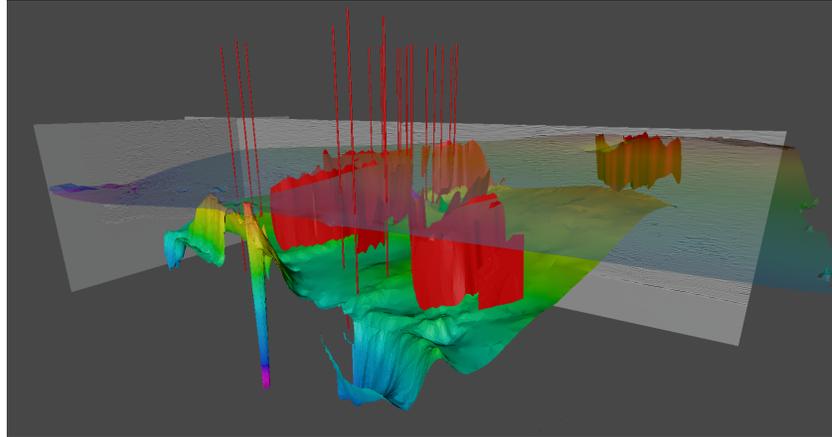


Figure 3: Exemple d'une scène comprenant les modèles texturés d'un horizon (le fond de la mer, en haut), des trajectoires de puits de forage (tubes rouges), des failles (surfaces verticales en rouge), et d'un corps (surface en bas)

nées géologiques. Sismage-VR a pour vocation d'offrir une expérience immersive de visualisation des données 3D, offrant ainsi un nouveau point de vue aux experts analystes. Nous avons également travaillé à la conception d'une expérience utilisateur fluide et intuitive dans la manipulation des modèles. Enfin, Sismage-VR est un outil collaboratif, permettant à plusieurs personnes de travailler sur un même modèle à distance. Dans cette première itération de développement, nous nous sommes concentrés sur une unique scène 3D à étudier, tout en concevant de façon à pouvoir facilement changer de scène par la suite.

Choix techniques

Dans le panorama du marché des casques de réalité virtuelle, on peut distinguer les casques autonomes, qui ne nécessitent aucun élément externe pour fonctionner, et les casques non-autonomes, qui nécessitent un ordinateur externe pour

les opérations de rendu et/ou des systèmes externes de suivi dans l'espace. Nous nous sommes orientés vers les casques Meta Quest 2, offrant les deux modes d'utilisation. Nous développons aujourd'hui en mode non-autonome, tout en anticipant une prochaine génération de casques autonomes suffisamment puissante pour supporter nos scènes 3D, aujourd'hui trop complexes.

Import et visualisation de données géologiques

Sismage-CIG permet d'exporter un modèle de sous-sol en une scène 3D hiérarchisée, au format XML (voir figure 3). Les modèles 3D et textures associées y sont regroupés en différentes familles: les *horizons* sont les différentes couches géologiques, avec notamment le fond de la mer (en haut et transparence sur la figure 3); les *failles* sont des zones de rupture entre deux blocs rocheux (surfaces verticales en rouge figure 3); les *corps* sont des zones poreuses

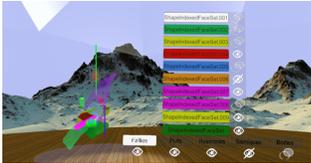


Figure 4: En mode sélection, une hiérarchie apparaît et affiche les différentes familles et leurs éléments constitutifs

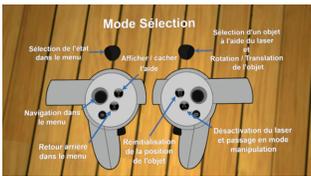


Figure 5: Un aide-mémoire est placé aux pieds de l'utilisateur

pouvant contenir du pétrole ou du gaz (surface en bleu/vert situées en profondeur); enfin, on observe les trajectoires de forage, existantes ou à définir (les tubes rouges descendant dans le sous-sol). Pour assurer la compatibilité entre Simage-CIG et Simage-VR, nous avons développé un script de conversion s'appuyant sur le modèleur 3D *Blender* pour transformer les données de sortie de Simage-CIG en données au format FBX, importables dans Simage-VR.

Fonctionnalités et interactions

Outre les manipulations classiques (déplacement de l'utilisateur, translation, rotation et mise à l'échelle du modèle étudié), l'analyse des sous-sols nécessite des fonctionnalités particulières. La première particularité est que les scènes 3D représentent plusieurs kilomètres de long et de large pour quelques centaines de mètres de profondeur; il est donc nécessaire de pouvoir ajuster l'échelle sur le seul axe de profondeur, et d'en exagérer les variations. Il doit être ensuite possible de faciliter la visualisation en épurant l'information affichée. Il faut donc pouvoir ajuster la visibilité de chaque élément de la scène, en le rendant visible, transparent, ou invisible; et de pouvoir manipuler cette visibilité par famille d'éléments (par exemple, en faisant disparaître tous les horizons). Enfin, certains éléments, comme les réservoirs, disposent de plusieurs jeux de données associés, représentés par plusieurs textures. Il doit donc être possible de basculer d'une texture à l'autre pour ces éléments spécifiques.

Au lancement de l'application, l'utilisateur est placé au sein d'un environnement virtuel, au centre duquel est placée la scène 3D à étudier. L'utilisateur peut se déplacer au sein de l'environnement grâce à une interaction classique de téléportation. Un laser permet de viser n'importe quel élément de la scène 3D à étudier. Grâce à un bouton, il peut alterner entre deux modes d'interaction avec la scène 3D:

le mode *manipulation* et le mode *sélection*.

Le mode *manipulation* permet de manipuler la scène 3D. L'utilisateur peut ainsi la faire pivoter et translater selon l'axe vertical. Les autres degrés de liberté sont bloqués pour ne pas complexifier l'interaction. L'utilisateur peut agrandir ou rétrécir la scène, dans son entièreté ou seulement sur l'axe Z grâce à une interaction modale. Un bouton permet cependant de faire pivoter la scène à 90° sur son axe horizontal, afin de pouvoir profiter d'une vue de dessus; un autre permet de restaurer la vue dans sa configuration d'origine.

Le mode *sélection* permet à l'utilisateur de sélectionner et d'interagir avec chaque élément 3D constituant la scène. Un menu décrivant la hiérarchie de la scène apparaît sur la main gauche de l'utilisateur (voir figure 4). Ce menu est généré dynamiquement sur la base de la structure de la scène et détaille les familles d'éléments manipulables. L'utilisateur peut sélectionner chaque objet depuis ce menu. Il dispose également d'un laser lui permettant de sélectionner un objet spécifique directement dans la scène. Une fois l'élément sélectionné, il peut en modifier la visibilité ou la texture associée.

Dans chacun des deux modes, un aide-mémoire montrant les fonctionnalités assignées à chaque bouton des manettes gauche et droite est affiché au pied de l'utilisateur (voir figure 5).

Enfin, Simage-VR dispose d'un mode collaboratif permettant jusqu'à quatre personnes de visualiser et manipuler conjointement le modèle. Pour réaliser ce mode, nous nous sommes appuyés sur la bibliothèque Photon et un hébergement cloud. Grâce à cela, il est possible pour les participants de se trouver n'importe où dans le monde et de se retrouver au sein de l'espace virtuel. Les utilisateurs peuvent voir

les avatars des autres utilisateurs connectés, sous la forme d'une tête et d'une paire de manettes. Ces avatars très simples permettent de garder en tête la position des collaborateurs par rapport à la scène à étudier. Les utilisateurs disposent d'un laser leur permettant de pointer un élément à leur collaborateur.

Performances et usage autonome

Un objectif de Sismage-Vr est de faciliter l'usage et l'adoption en proposant un déploiement sur des casques autonomes. Des tests préliminaires nous ont permis de déterminer que l'usage de Sismage-VR avec un PC portable de moyenne gamme et une scène simplifiée (10 millions au lieu de 20 millions de triangles) n'offre pas une expérience confortable d'utilisation. Nous anticipons donc les évolutions de la puissance des casques autonomes, et identifierons des cas d'usages spécifiques (pour la formation par exemple) où il sera possible de mettre en oeuvre des scènes 3D très simplifiées. Notre alternative actuelle est l'utilisation du système "Air-link" du Meta Quest 2, qui permet de diffuser le rendu graphique depuis un ordinateur à travers le réseau Wi-Fi, offrant ainsi une expérience sans-fil.

Discussion et retours utilisateurs

Sismage-VR est née d'une volonté d'explorer les possibilités de la réalité virtuelle pour l'analyse collaborative des données géologiques. Par rapport à Sismage-CIG, Sismage-VR offre un véritable environnement collaboratif de visualisation 3D en immersion. Nous avons pu participer en juin 2022 à un congrès interne à TotalEnergies rassemblant les utilisateurs de Sismage-CIG. Nous avons profité de cet événement pour faire une démonstration de notre système et capter des premiers retours de façon informelle. Il en est ressorti que Sismage-VR proposait une expérience intuitive et conviviale pour la visualisation des données 3D du sous-sol. Les utilisateurs ne mettaient généralement

que quelques minutes à appréhender la navigation et la manipulation au sein du système.

D'un point de vue technique, la principale limitation actuelle de Sismage-VR réside dans le fait qu'il s'agit d'un système de visualisation de scènes 3D. Aucune donnée géologique ne sort aujourd'hui de Sismage-CIG, qui doit exporter toutes les visualisations voulues sous forme de modèles ou de textures. Les premiers retours utilisateurs ont déjà mis en avant cette limitation. Notre prochaine piste de travail sera donc de faire de Sismage-VR un véritable outil de visualisation de *données*, capable de prendre en entrée des données géologiques numériques brutes pour générer à la volée les modèles 3D et les textures de visualisation, mais également de rajouter d'autres éléments et paramètres de visualisation.

Conclusion et travaux futurs

Dans cet article, nous avons présenté Sismage-VR, un outil collaboratif immersif de visualisation de données géologiques en réalité virtuelle. Ces données sont exportées depuis le logiciel Sismage-CIG, et intégrées à notre environnement virtuel dans lequel il est possible de les manipuler, à plusieurs et à distance.

Nos deux principales pistes de travail aujourd'hui sont tout d'abord la conduite d'une étude utilisateurs validant l'utilisabilité du système sur les cas d'usages évoqués au début de cet article, et ensuite la refonte de l'architecture du système pour transformer Sismage-VR en véritable outil de visualisation de données du sous-sol. Nous restons également attentifs à la possibilité de déployer Sismage-VR sur des casques autonomes, en opérant notamment une veille sur les possibilités de rendu 3D dans le cloud, technologie déjà disponible pour des rendus classiques ou pour de la réalité augmentée.

REFERENCES

- [1] Site BaseLineZ. <https://baselinez.com/>. (????). Accessed: 2023-04-26.
- [2] Site Enscape. <https://enscape3d.com/fr/>. (????). Accessed: 2023-04-26.
- [3] Site Medicine Virtual. <https://www.medicinevirtual.com/>. (????). Accessed: 2023-04-26.
- [4] Site Nanome. <https://nanome.ai/>. (????). Accessed: 2023-04-26.
- [5] Ahsan Abdullah, Jan Kolkmeier, Vivian Lo, and Michael Neff. 2021. Videoconference and embodied VR: Communication patterns across task and medium. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 5, CSCW2 (2021), 1–29.
- [6] Robert E. Kraut, Mark D. Miller, and Jane Siegel. 1996. Collaboration in Performance of Physical Tasks: Effects on Outcomes and Communication. In *Proceedings of the 1996 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '96)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 57–66. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/240080.240190>
- [7] Advait Sarkar, Sean Rintel, Damian Borowiec, Rachel Bergmann, Sharon Gillett, Danielle Bragg, Nancy Baym, and Abigail Sellen. 2021. The promise and peril of parallel chat in video meetings for work. In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1–8.
- [8] Johannes Sorger, Manuela Waldner, Wolfgang Knecht, and Alessio Arleo. 2019. Immersive Analytics of Large Dynamic Networks via Overview and Detail Navigation. 144–1447. DOI : <http://dx.doi.org/10.1109/AIVR46125.2019.00030>
- [9] Wolfgang Stuerzlinger, Tim Dwyer, Steven Drucker, Carsten Görg, Chris North, and Gerek Scheuermann. 2018. *Immersive Human-Centered Computational Analytics*. 139–163. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-01388-2_5
- [10] Matt Whitlock, Stephen Smart, and Danielle Albers Szafir. 2020. Graphical Perception for Immersive Analytics. 616–625. DOI : <http://dx.doi.org/10.1109/VR46266.2020.00084>
- [11] Ying Yang, Tim Dwyer, Michael Wybrow, Benjamin Lee, Maxime Cordeil, Mark Billingham, and Bruce Thomas. 2022. Towards Immersive Collaborative Sensemaking. DOI : <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2210.07784>