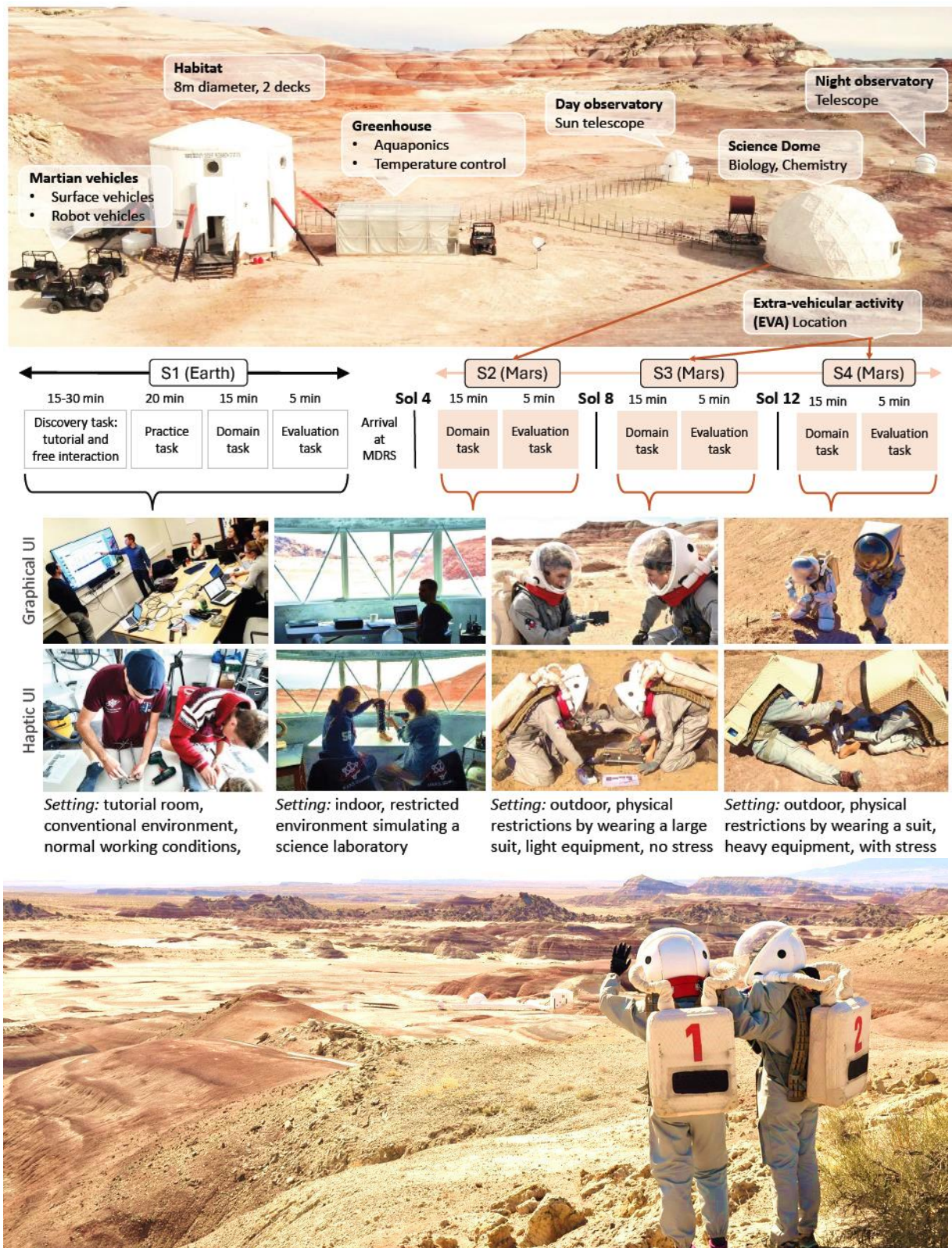


## REZUMATUL PROIECTULUI (maxim 3 pagini)

**Obiective și gradul de noutate.** Proiectul își propune explorarea de modele și tehnologie software de realitate extinsă (XR) pentru simularea experienței în medii cu condiții extreme, cum ar fi constrângeri senzoriale/fizice în pregătirea misiunilor spațiale, prin combinarea expertizei partenerilor în domeniile interacțiunii om-calculator, realității extinse și ingineriei software. În acest scop, introducem conceptul eXtreme eXtended Reality (XXR) ce vizează medii neconvenționale, cum ar fi cele din pregătirea misiunilor spațiale. Obiectivele specifice, care determină noutatea proiectului, sunt reprezentate de: realizarea unei analize critice privind tehnologia XR în medii cu condiții extreme prin aplicarea metodei SLR pentru sistematizarea cunoașterii în comunitatea științifică; dezvoltarea unui model conceptual și spațiu de proiectare a interacțiunilor în cadrul XXR cu scopul de a contextualiza aplicarea XR în medii extreme cu constrângeri senzoriale/fizice bazate pe conceptul realităților senzomotorii și transferabilitatea experienței utilizator la nivel interplanetar; implementarea unei aplicații de tip XXR pentru experiența deplasării în diverse medii gravitaționale și colaborări cu Euro Space Center, Belgia și NASA Mars Desert Research Station, USA.

**Rezultate obținute.** Am realizat o analiză a cunoașterii existente în literatura științifică privind tehnologia XR și medii cu condiții extreme. În acest sens, am efectuat un studiu folosind principiile SLR (systematic literature review) cu un set de 28 de lucrări publicate în intervalul 2000-2025, din care am extras informații privind aspectele caracterizate ca fiind extreme de autorii acestora. Am folosit un cadru teoretic cu trei clase de entități ce definesc contextul de utilizare al sistemelor interactive (utilizatori, platforme și medii) și am scos în evidență: **utilizatori extremi** (e.g., utilizatori care dobândesc abilități neobișnuite sau manifestă comportamente exagerate facilitate de anumite platforme sau condiții de medii); **platforme extreme** (e.g., tehnologii care împing limitele proiectării sistemelor interactive, precum simulările multisenzoriale profund imersive); **medii extreme** (e.g., medii caracterizate prin condiții fizice severe sau situații riscante ce pot avea un impact major asupra vieții și sănătății). În continuare, am constituit aceste elemente în dimensiunile unui spațiu conceptual care, susținut de tehnologiile XR, reprezintă și un spațiu de proiectare pentru realitatea extinsă extremă (XXR). În acest spațiu, dimensiunile prezintă categorii specifice, după cum urmează. Utilizatorii extremi sunt definiți de **abilitățile pe care le dobândesc** (e.g., ski extrem pentru persoane cu tetraplegie), **comportamentul pe care îl afișează** (e.g., discurs extrem sau postări extreme în medii online), respectiv **colaborare extremă** (e.g., comunicarea și partajarea informației în situații extreme). Platformele extreme sunt definite de **modalitățile și tehnicile de intrare/input** (e.g., tehnici vocale extreme), **modalitățile și tehnicile de ieșire/output** (e.g., prezentarea informației pe un ecran dintr-o perspectivă extremă), **sinergia intrare-ieșire** (e.g., colaborări extreme om-calculator), respectiv **strategiile de proiectare** (e.g., utilizabilitate extremă). În cele din urmă, mediile extreme sunt specificate de natura acestora, care poate fi **fizică** (e.g., vreme extremă), **virtuală** (e.g., sărituri extreme într-o lume virtuală), **digitală** (e.g., cenzură extremă în mediul online) sau **mixtă** (e.g., percepție vizuală extremă). Granularitatea spațiului XXR ( $3 \times 4 \times 4 = 48$  combinații) permite explorarea unei game largi de interacțiuni extreme, cum ar fi utilizatori cu abilități extreme ce folosesc modalități extreme de ieșire în medii de realitate mixtă. Pentru ilustrarea spațiului conceptual, am dezvoltat o aplicație software care permite simularea navigării în spații cu diverse condiții gravitaționale și am realizat trei experimente de evaluare UX prin misiuni efectuate la Mars Desert Research Station (MDRS) privind diverse sisteme informatice cu interfețe grafice, haptice, conversaționale LLM/AI și interacțiuni în exteriorul stației pentru controlul unei drone (figura 1).



**Figura 1.** Partea de sus: Mars Desert Research Station, unde au avut loc sesiunile experimentelor. *Mijloc:* cronologia diferitelor etape ale procedurii experimentale: descoperire, exersare și repetări ale unei sarcini, urmate de evaluarea acesteia. *Jos:* ilustrare a condițiilor extreme la MDRS. Detalii în [Vanderdonckt et al. \(2025a\)](#).

**Impactul proiectului.** Rezultatele obținute sunt relevante atât pentru domeniile tehnologiilor spațiale cât și XR. În special, contextul dezvoltării tehnologiilor spațiale este unul extrem de benefic, industria spațială având o piață

la nivel mondial estimată la 630 de miliarde USD în anul 2023 cu predicții de triplare până în 2035,<sup>1</sup> respectiv cu investiții majore la nivel european, e.g., bugetul European Space Agency (ESA) de 7.7 miliarde EUR în anul 2025.<sup>2</sup> De asemenea, conceptul propus în cadrul proiectului nostru, eXtreme eXtended Reality (XXR) împreună cu spațiul conceptual și de proiectare aferent pot fi valorificate prin noi tehnologii XR, pentru care piața la nivel global a fost de 40.4 miliarde USD în anul 2024.<sup>3</sup> Din perspectivă științifică și tehnologică, proiectul a generat **cinci publicații**, dintre care două dezvoltate în colaborare cu NASA Ames Research Center. Aceste publicații au fost descărcate de peste 1200 de ori, ceea ce arată un bun impact în comunitatea științifică, în timp ce diseminarea și promovarea rezultatelor proiectului prin rețele profesionale a atins peste 10000 de vizualizări.

**Indicatori finali.** Cinci articole științifice au fost publicate, dintre care două în reviste ISI (inclusiv o revistă Q1), două în conferințe A/B din domeniul interacțiunii om-calculator și un articol în cadrul singurei conferințe dedicate tehnologiei interactive pentru spațiu. Toate articolele sunt indexate în baze de date internaționale (ACM DL, DBLP, Scopus), trei indexate Web of Science iar două în colaborare cu NASA Ames Research Center.

1. Radu-Daniel Vatavu, Jean Vanderdonckt, Julie Manon, Michael Saint-Guillain, Philippe Lefevre, Romain Maddox, Jessica J. Marquez. (2025). Conducting Human-Computer Interaction Scientific Experiments in Extreme Environments: Insights from Analog Mars Missions. *Romanian Journal of Information Science and Technology*. Romanian Academy, 247-259.  
<http://dx.doi.org/10.59277/ROMJIST.2025.3.01>  
**WOS:001565907000001 | IF: 3.9 | 5-Year IF: 2.2 (Q1 în Computer Science, Theory & Methods)**
2. Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatavu, Romain Maddox. (2025). Between Bulky Suits and Isolated, Deserted Landscape: Measuring the User Experience of Astronaut-Drone Interaction. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 9(5). ACM, New York, NY, USA, Article no. MHCI005, 20 pages. <https://doi.org/10.1145/3743712>  
**WOS:001575057300008**
3. Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatavu, Julie Manon, Romain Maddox, Michael Saint-Guillain, Philippe Lefevre, Jessica J. Márquez. (2025). UX, but on Mars: Exploring User Experience in Extreme Environments with Insights from a Mars Analog Mission. *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference*. ACM, NY, USA, 3235-3250. <https://doi.org/10.1145/3715336.3735706>  
**WOS:001555741000193 (conferință de rang A, conform ARC CORE)**
4. Radu-Daniel Vatavu, Jean Vanderdonckt. (2025). What is Extreme in Human-Computer Interaction Research? *Adjunct Proceedings of the 27th International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*. ACM, New York, NY, USA, Article. no. 17, 1-7 <https://doi.org/10.1145/3737821.3749561>  
**(conferință de rang B, conform ARC CORE)**
5. Hippolyte Hilgers, Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatavu. (2025). Human-AI Interaction in Space: Insights from a Mars Analog Mission with the Harmony Large Language Model. *Proceedings of SpaceCHI '25, Advancing Human-Computer Interaction for Space Exploration*. Open Access Series in Informatics. Dagstuhl, Article no. 1, 20 pages. <https://doi.org/10.4230/OASICS.SpaceCHI.2025.1>  
**(singura conferință specializată în interacțiunea om-calculator și tehnologiile spațiale)**

<sup>1</sup> [https://www.statista.com/topics/5049/space-exploration/?srsltid=AfmBOopYDM\\_N\\_HrvGMBFMUShr6QmLyU-hTRV2eL3mGfR9rYAd98wbPj#topicOverview](https://www.statista.com/topics/5049/space-exploration/?srsltid=AfmBOopYDM_N_HrvGMBFMUShr6QmLyU-hTRV2eL3mGfR9rYAd98wbPj#topicOverview)

<sup>2</sup> [https://www.statista.com/topics/13455/space-industry-europe/?srsltid=AfmBOorLWvJXrf4BaZNNL9AnHfpC8uVrqaMdV03\\_Eb114LjszaS6h167#topicOverview](https://www.statista.com/topics/13455/space-industry-europe/?srsltid=AfmBOorLWvJXrf4BaZNNL9AnHfpC8uVrqaMdV03_Eb114LjszaS6h167#topicOverview)

<sup>3</sup> <https://www.statista.com/topics/6072/extended-reality-xr/?srsltid=AfmBOorOkGgvM3ANphsIwNoO7T-acTtdjLCUJig8pxtAH1IzP2e0dMKA#topicOverview>