

# LA RÉALITÉ ÉTENDUE :

## POTENTIEL ACCÉLÉRATEUR

### DU FACTEUR HUMAIN ?



Agnès Doué,

Alternante au Laboratoire des Technologies Immersives (DTN/ED/SA)

[Agnes.doue@cnes.fr](mailto:Agnes.doue@cnes.fr)

COMET (OPS & AIT)

30 mai 2024

Toulouse



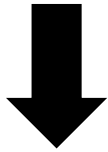
# Sommaire

- 1. Etat des lieux des environnements virtuels**
- 2. Les technologies immersives**
  1. Définitions : XR, VR, AR
  2. Matériel actuel
- 3. Pourquoi vouloir lier le facteur humain avec la réalité étendue ?**
- 4. La réponse de l'XR aux défis du facteur humain**
  1. L'incarnation pour la télé-opération
  2. Des échanges de données à double-sens
- 5. Exemples concrets d'application**
- 6. Conclusion et Limites**

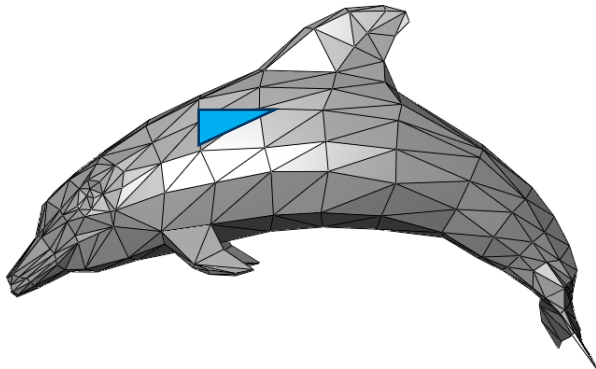
## Représenter le réel sur ordinateur : du polygone au photoréalisme



Modélisation 3D



Discrétisation du réel  
vers un ensemble de  
polygones



Peut-on tout reproduire en 3D ?

\*they used cgi to fake the  
moon landing\*

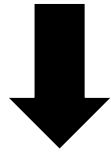


Buzz Aldrin au cours de la mission Apollo 11 (source NASA)

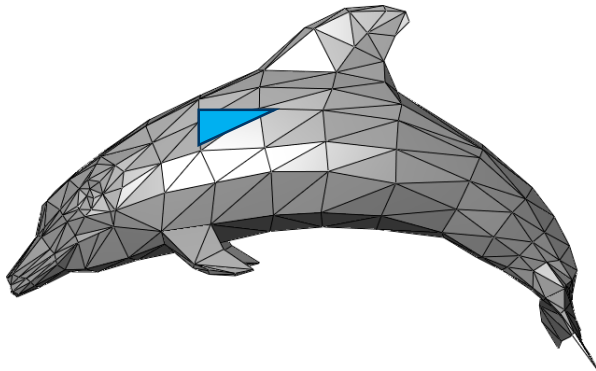
## Représenter le réel sur ordinateur : du polygone au photoréalisme



Modélisation 3D



Discrétisation du réel  
vers un ensemble de  
polygones



Peut-on tout reproduire en 3D ?

\*they used cgi to fake the  
moon landing\*

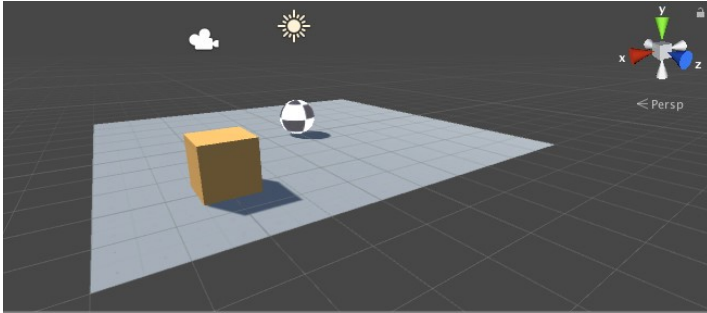
cgi in 1996:





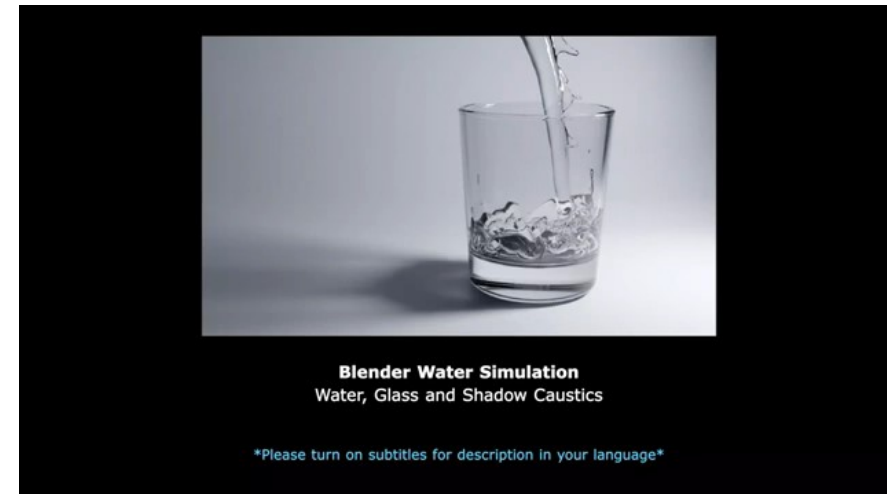
## L'évolution des environnements 3D : du polygone au photo-réalisme

Progrès technologiques : affichage de milliards de polygones, éclairages dynamiques, rendu physique des textures...



- Les environnements 3D sont **de plus en plus performants** et tendent vers le **photoréalisme**
- Les **moteurs physiques** arrivent à représenter de mieux en mieux **autant les solides que les écoulements fluides**

Évolution des environnements 3D (ci-dessous environnement de base Unity, ci-dessous environnement généré par Nanite (source Unreal Engine))



Simulation d'écoulement fluide réalisé sous Blender (source Yt Channel Blenderian)

## Technologies immersives : de quoi parle-t-on ?

$$\boxed{\text{Réalité étendue (extended reality)} = \text{Réalité Virtuelle (virtual reality)} + \text{Réalité Augmentée (augmented reality)}}$$

# XR

- Environnement **entièrement virtuel**
- Utilisation d'un **casque VR** (tracking avec centrale inertielle ou marqueurs optiques), ou **smartphone**
- Manettes, ou détection des mains, possibilité d' eye-tracking et body-tracking
- **Projection d'éléments virtuels sur** une caméra du **monde réel** (surcouche)
- Utilisation d'un **smartphone / tablette, ou casque d'AR**
- Détection de marqueurs, de plans, d'objets...

Autres technologies immersives : projections, holographie...

## Le matériel

### Réalité Virtuelle



Vive Pro 2 (casque non-autonome relié à un ordinateur)



CardBoard (support pour VR avec smartphone)



Oculus Quest (autonome avec possibilité de Hand-tracking)



### Réalité Augmentée

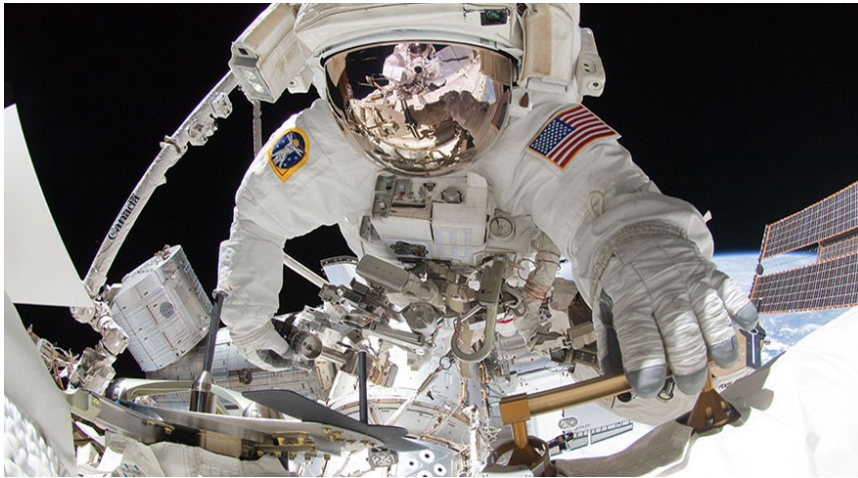
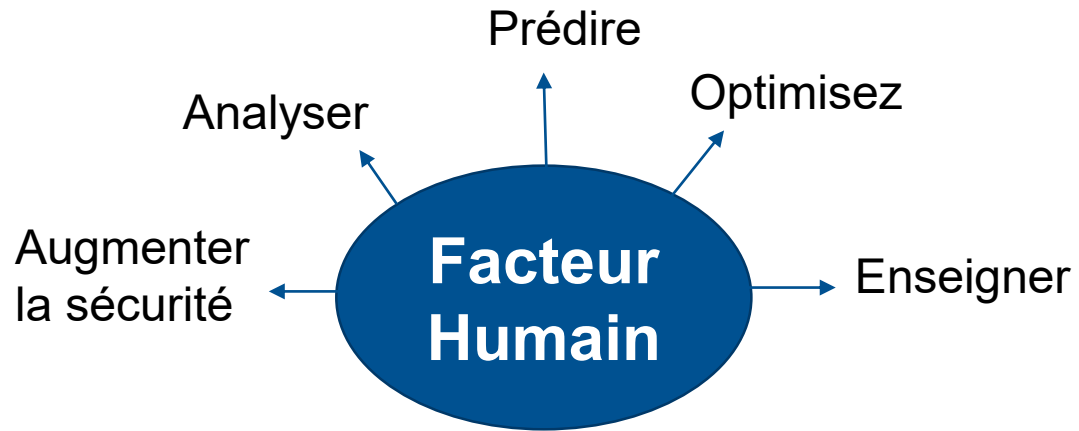
HoloLens 2 (autonome avec handtracking)



Application AR Android (Pokémon Go)

**Casque mixte** (Varjo) : VR, AR, eyetracking et handtracking

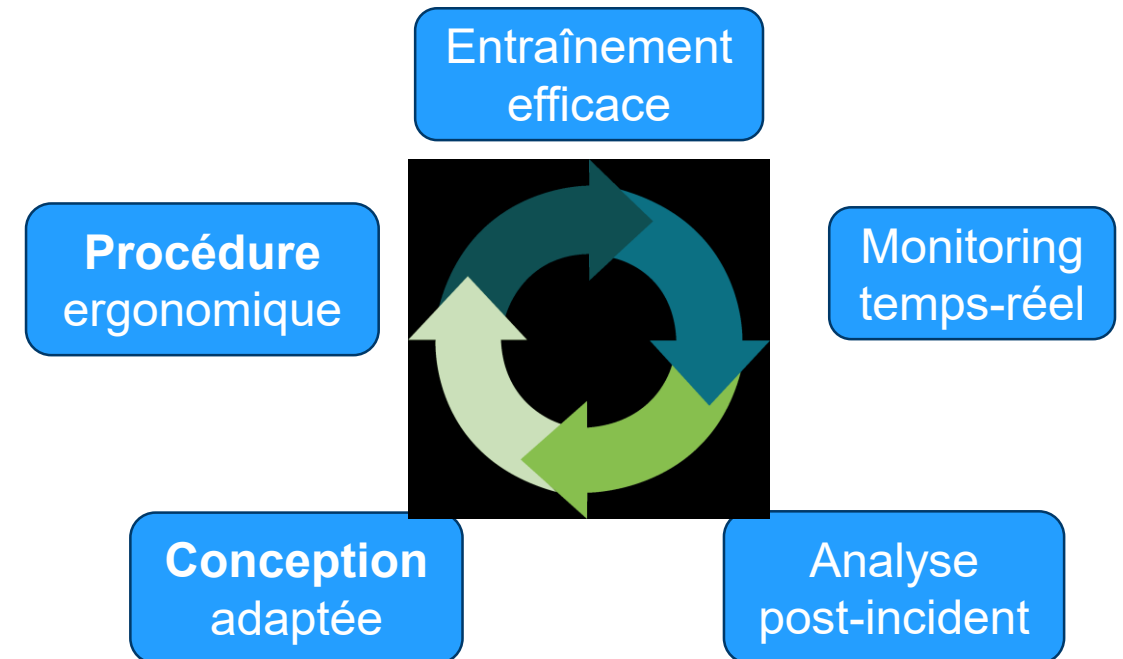
## Pourquoi lier la réalité étendue au facteur humain ?



Astronaute en EVA autour de l'ISS (source NASA)

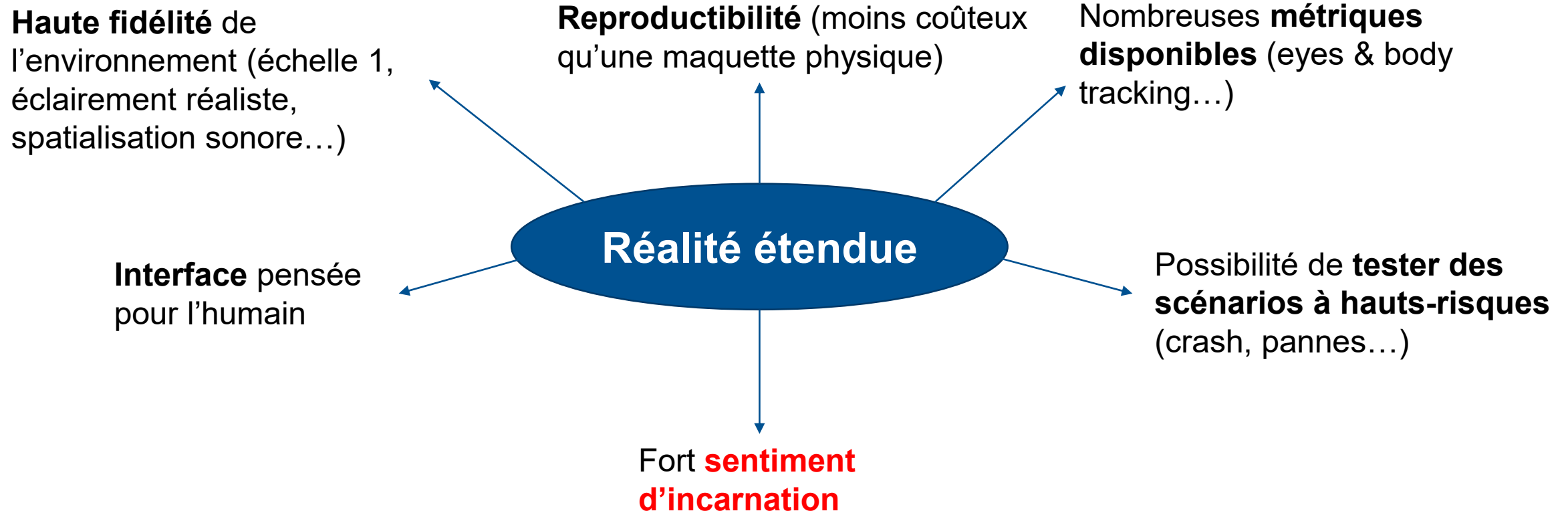
- Domaines à hauts-risques : transport aérien & spatial, centrale nucléaire, exploration sous-marines.... : **Très peu de marge de manœuvre pour l'opérateur sur place**

=> **Anticiper les besoins humains tout au long du cycle de vie**





## La réponse de la réalité étendue au défis posés par le facteur humain



Plus qu'un « jeux-vidéo » : **un véritable outil de simulation !**

## Incarnation et télé-opération

**Sentiment d'incarnation (*embodiment feeling*)** : caractérisation de l'implication de l'utilisateur dans une expérience de XR en 3 facteurs par des **questionnaires standardisés** :

- **Agency** « j'ai l'impression d'être à l'initiative des mouvements de l'avatar »
- **Body-Ownership** « J'ai l'impression que mon avatar est mon corps »
- **Self-Location** « J'ai l'impression de me situer au même endroit que mon avatar »

« *The Sense of Embodiment in Virtual Reality* » (Kilteni, Groten, Slater 2012)

**Le sentiment d'incarnation a un impact positif sur la performance à une tâche de télé-opération, et ce même si l'avatar est non-humanoïde.**

« *Toward Enhanced Teleoperation Through Embodiment* » (Toet, Kuling, Krom, Van Erp, 2021)

« *Higher degrees of ownership resulted in faster reaction times* » (Grechuta et al., 2017)

« *Controlling the Sense of Embodiment for Virtual Avatar Applications: Methods and Empirical Study* » (Kim et al 2020)

## Echange de données à double sens

Homme ← Machine

Transmission de feedback de haute qualité adaptés aux humains



Terrain Lunaire (NASA UnrealFest 2023)



Simulateur Pégase (DCAS – ISAE-Supaero)

## Echange de données à double sens

Homme  Machine

Récupération de feedback de la perception/performance/comportement humain



Tracking complet du corps avec l'algorithme d'*Inverse Kinematic* (source Vive)



Analyse d'ergonomie pour la construction d'un Airbus (source Skyreal)



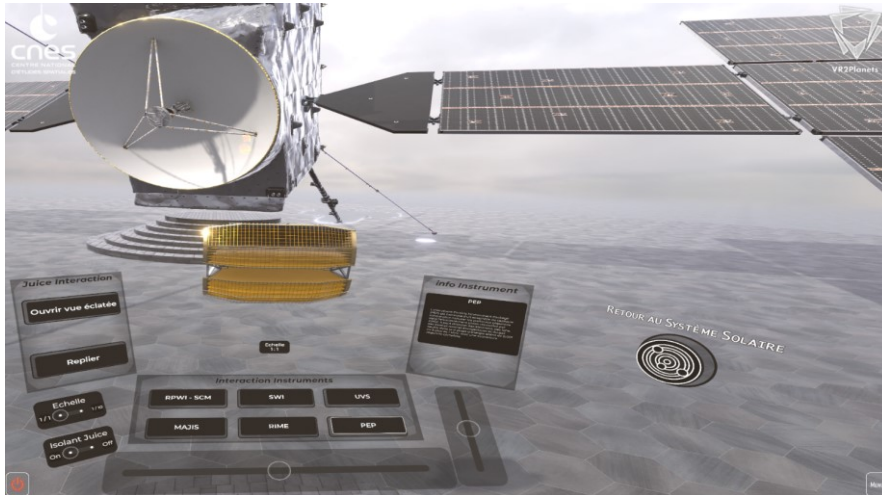
Contrôle du regard par eye-tracking dans une simulation de pilotage d'avion (source Varjo x Meta VR)



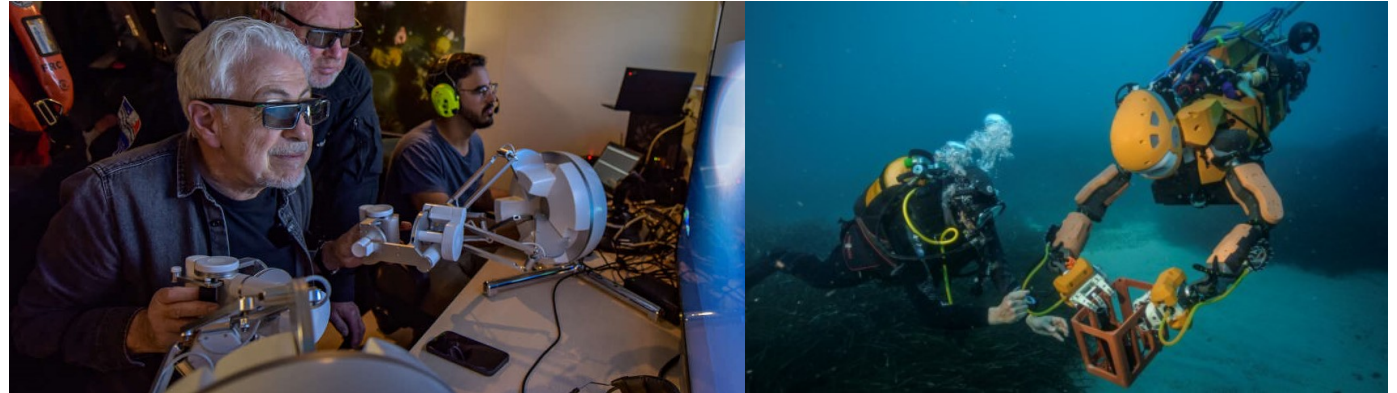
## Exemples concrets d'application pour la XR



VREVA: Simulateur d'EVA en VR destiné à l'**entraînement** des astronautes (Source XR-LAB ESA)

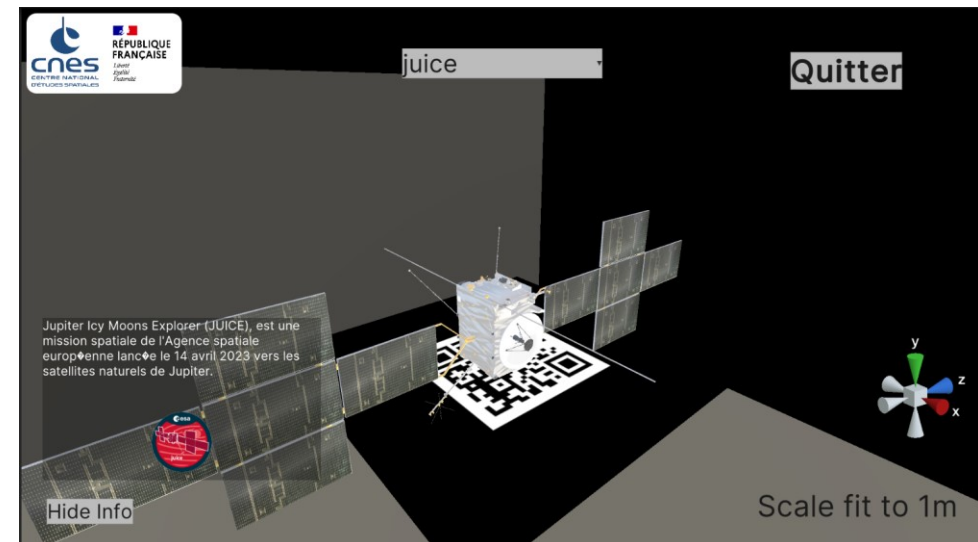


Visualisation d'une salle d'AIT en VR (source CNES)



Robot sous-marin **téléopéré** avec retour haptique Ocean One (Source Stanford Robotic Lab)

### Ingénierie Concurrentielle (source CNES)



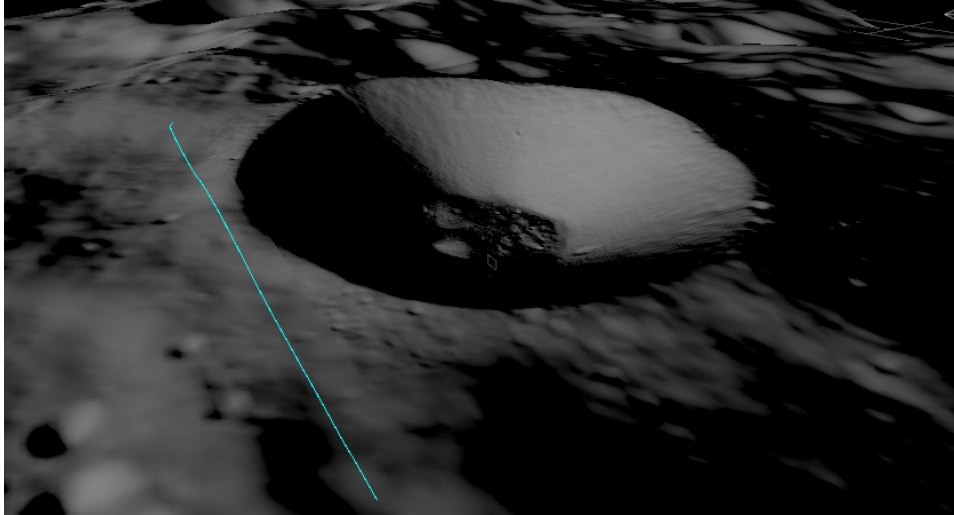
## Exemples concrets d'application pour la XR



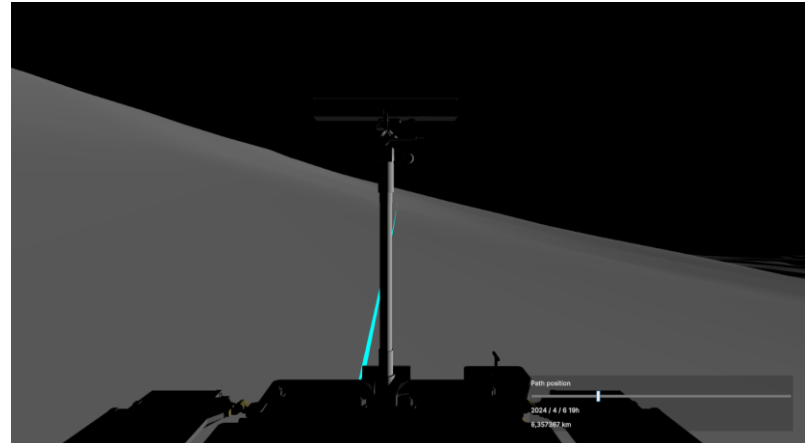
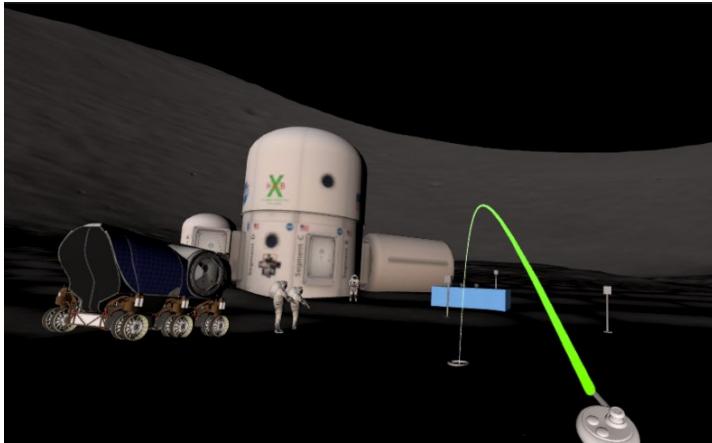
- Familiarisation avec les procédures, la **physique** en 0G et les **conditions visuelles**
- Stimulation de la **mémoire musculaire**
- **Pré-entraînement** avant les séances en piscine

**VREVA: Simulateur d'EVA en VR** destiné à l'**entraînement** des astronautes (*Source XR-LAB ESA*)

## Exemples concrets d'application pour la XR



- **Jumeau numérique lunaire**
- Aide à la **visualisation** de données LRO & **ConOps**
- Développement point de vue « astronaute »
- Vues mixtes VR & Desktop en fonction du besoin



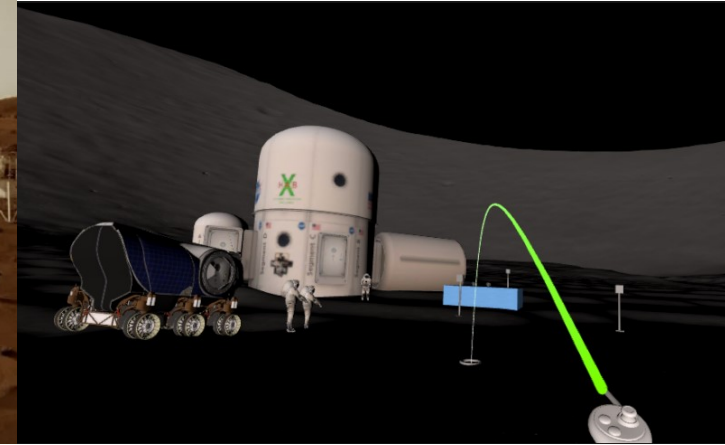
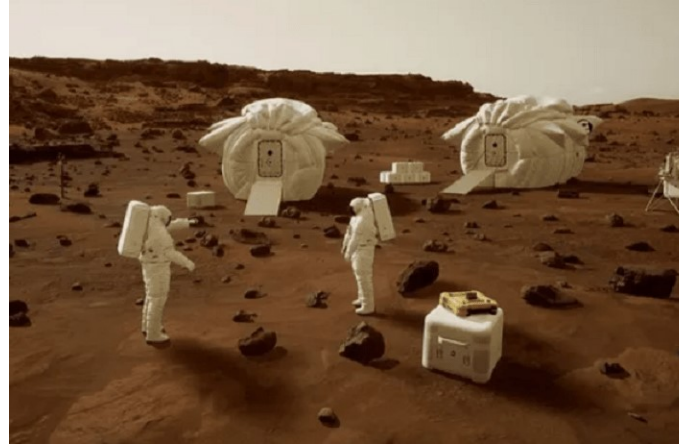
**Lunar Digital Twin (CNES)** Vue du cratère Shackelton (*Source CNES*)



## Exemples concrets d'application pour la XR

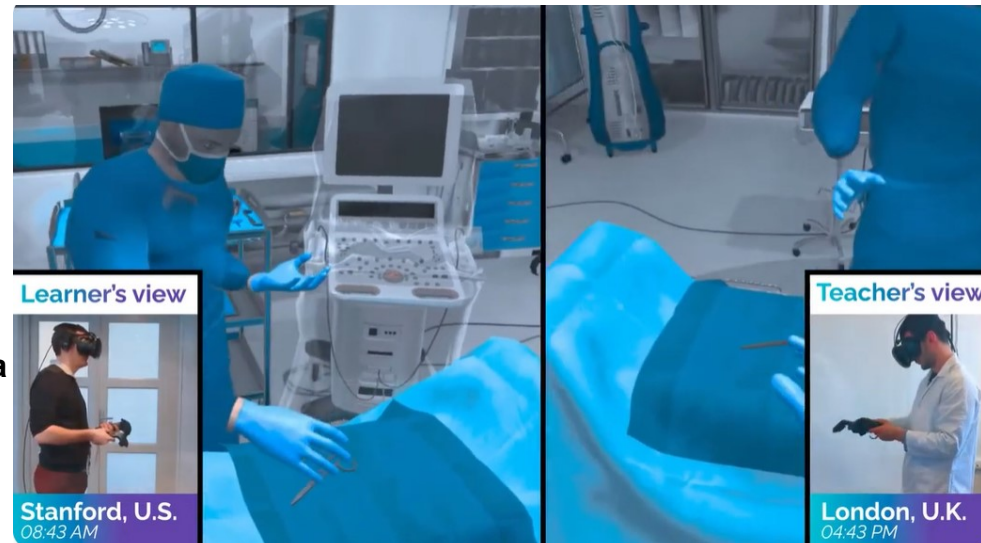


**Réunions Collaboratives** tirant avantage de l'immersivité de la VR  
(Source Vive Sync)



Terrain martien ou lunaire avec un **éclairage et une topographie exacte** (source NASA XOSS (gauche) CNES (droite))

Logiciel d'entraînement à la chirurgie ou planification pré-opératoire  
(source 3DCréation)



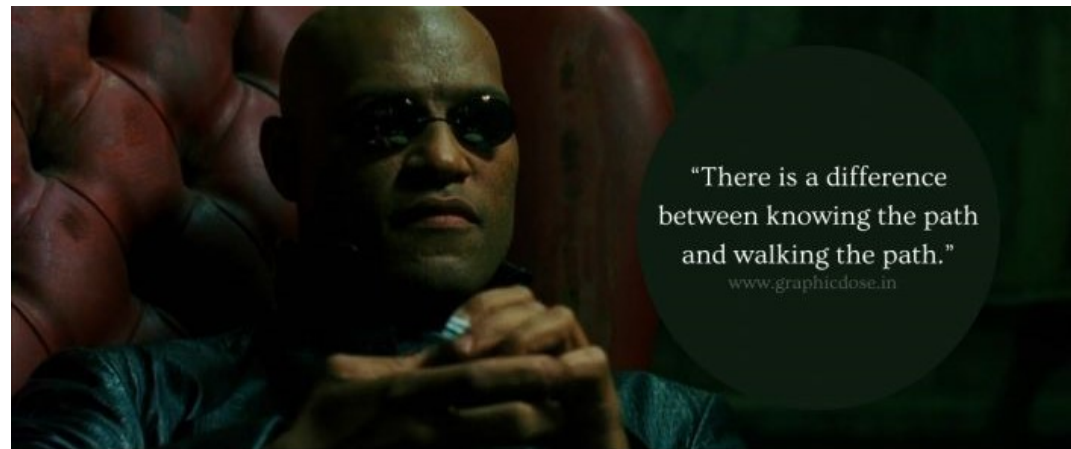


## Conclusion

La réalité virtuelle peut être **un accélérateur pour une meilleure prise en compte du facteur humain.**

C'est un outil **d'aide à la conception, de visualisation, de formation immersive.**

Mais pourquoi il n'est pas déjà partout ?

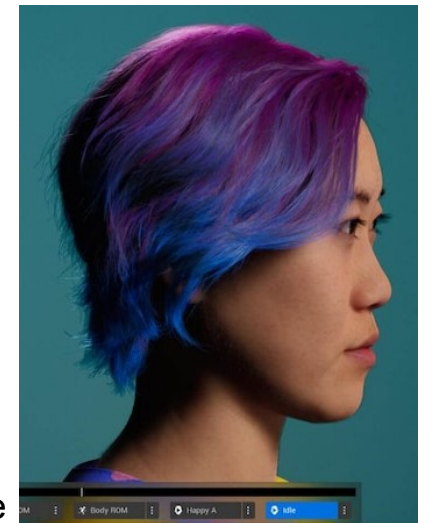


## Comme tout outil, il a ses limites !

- Bien qu'il se miniaturise, le casque VR reste encore un **équipement lourd** et nécessite un travail préalable de mise en place.
- Pour le moment, tous les matériels sont **dépendants d'acteurs privés** (Vive, Meta, Apple...) qui peuvent cesser leur support.
- La technologie de **retour haptique** (restitution du touché) encore loin d'être opérationnelle
- La représentation de certains comportements humains (ex: expression des émotions) est encore limitée
- Les simulations de XR sont **principalement visuelles**. Elles n'ont **pas vocation à remplacer** les autres logiciels de simulation scientifique (Catia, Matlab, Abaqus, Nastran...) ni les entraînements sur site ou avec maquettes physiques



Démonstrateur X-ARM pour le retour haptique : encore un peu encombrant (source Space Applications Services NV/SA)



Méta-Humain (Unreal Engine) : bluffant en image fixe, beaucoup moins en dynamique

## Conclusion et limites

La réalité virtuelle peut être **un accélérateur pour une meilleure prise en compte du facteur humain.**

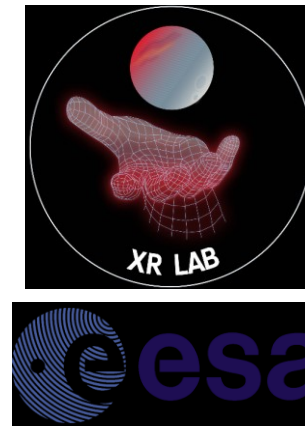
C'est un outil **d'aide à la conception, de visualisation, de formation immersive.**

**Cependant, Il nécessite une bonne analyse du besoin pour trouver la solution adaptée qui vient supporter des outils déjà existants !**

Laboratoire des **Technologies Immersives** CNES (DTN) alternance avec ISAE-Supaero

Département de **Conception et Conduite des Véhicules Aéronautiques et Spatiaux** (DCAS),  
équipe de neuro-ergonomie stage de recherche

Laboratoire de réalité étendue (**XR-Lab**) Centre d'Astronaute Européen (ESA) stage de césure





**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**

**VOUS AVEZ DES QUESTIONS ?**

