

EchoFinder

La réalité augmentée au service de la médecine spatiale

Journée Facteur Humain – COMET OPS & AIT

30 Mai 2024



ECHO – Un échographe téléopérable

- Echographie = Atteindre un organe avec un faisceau d'ondes ultrasonores
 - Seul moyen d'imagerie à bord de l'ISS
 - Utilisé pour les protocoles de MEDOPS et pour les protocoles scientifiques

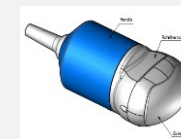
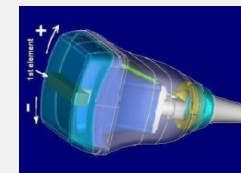
SoI (CADMOS)

Téléopération des paramètres de l'échographe et l'orientation de la sonde motorisée.



Module Columbus (ISS)

L'équipage reçoit des indications vocales pour positionner la sonde sur la bonne fenêtre acoustique.



Lien de communication

Objectif lune !



- Augmentation des délais de communication
 - Téléguidage et téléopération seront affectés
 - Opérations médicales en autonomie.
- Astronautes ne peuvent pas être entraînés à maîtriser l'échographie
 - Nécessite un haut niveau d'expérience
 - Beaucoup d'autres systèmes et procédures à maîtriser

EchoFinder : un protocole d'échographie en complète autonomie

Interface Homme-Machine en réalité augmentée

+ Algorithmes de détection d'organes (IA + Segmentation d'organes)

Première étape ? Trouver la fenêtre acoustique

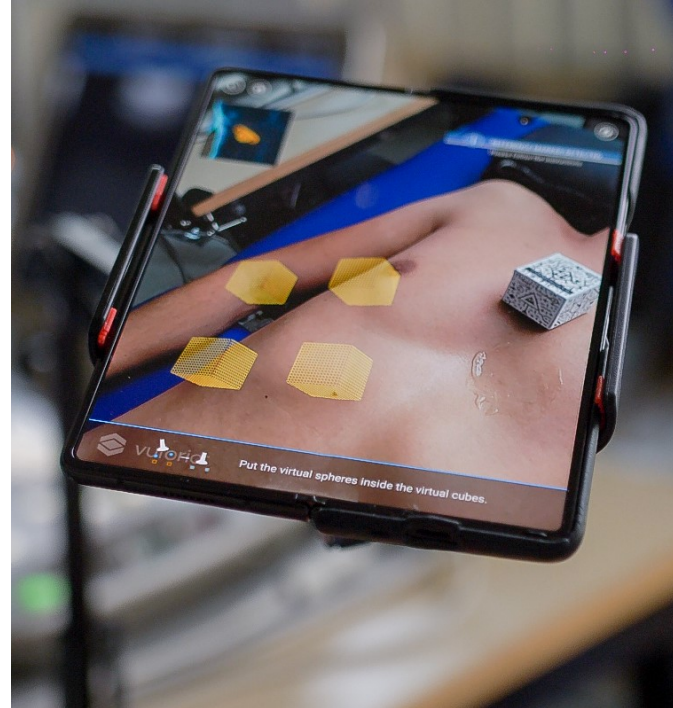
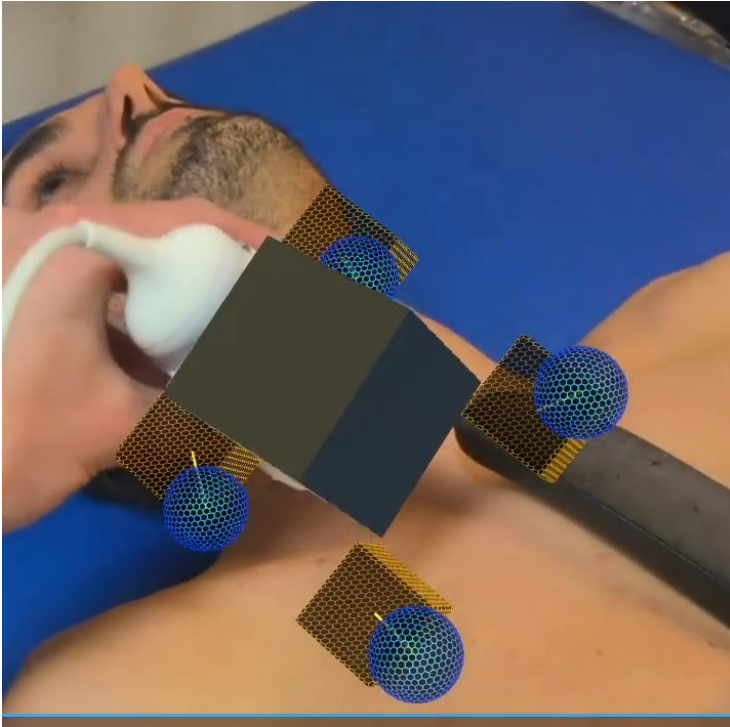
- Fenêtre acoustique = Position à partir de laquelle un faisceau d'ultrasons peut atteindre l'organe



- Procédure étape par étape ? « Cheat cards » ?
 - Trop subjectifs
 - Résultats variables suivant l'opérateur et le sujet

Montrer où placer la sonde de manière objective : la réalité augmentée

Première étape ? Trouver la fenêtre acoustique



- Interface avec des recommandations spécifiques à l'astronaute (presets, sonde échographique, ...)
- Interface « gamifiée » : mettre les sphères bleues dans les cubes oranges permet de retrouver la fenêtre acoustique

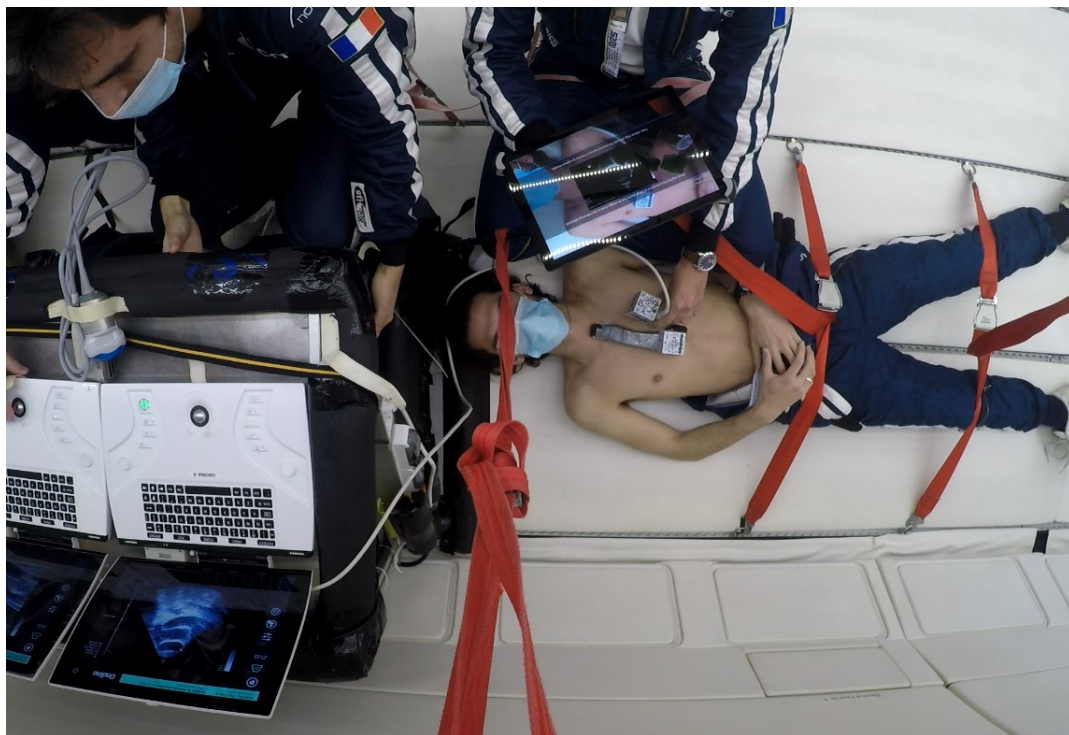
Comment le software connaît les positions des fenêtres acoustiques ?

Première étape ? Trouver la fenêtre acoustique



- Acquisition des données avant le vol de l'astronaute, pendant la phase de BDC (Baseline Data Collection)
 - Acquisition de la position des fenêtres acoustiques avec un expert en échographie
 - Acquisition des autres paramètres

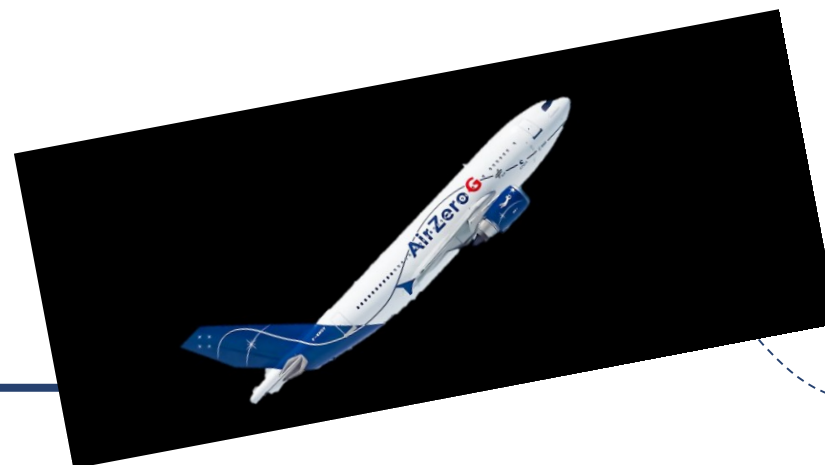
Evaluation du système en vol parabolique



- Paraboles de 22 secondes en micropesanteur
- 8 organes étudiés sur 6 volontaires, novices en échographie

88% de fenêtres acoustiques (vue complète ou partielle de l'organe)

47% d'images 2D parfaites et directes.



D0

"BDC" avec l'expert

D+19 / D+21

Sessions d'échographie en autonomie avec des novices

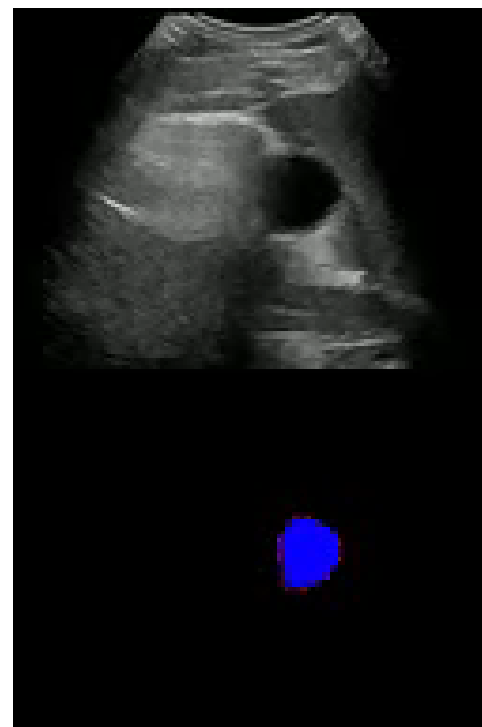
L'IA à la rescousse



Coeur



Aorte



Vésicule

- Proche du temps-réel (~10ips)
- Haute performance sur tous les types d'organes
- Nécessite beaucoup de données pour entrainer l'algorithme

Deuxième étape : trouver la bonne vue de l'image



Evaluation du système en vol parabolique (encore)



- Paraboles de 30 secondes en pesanteur réduite
- 7 organes étudiés sur 6 volontaires, novices en échographie

~~88%~~ **92%** de fenêtres acoustiques (vue complète ou partielle de l'organe)

~~47%~~ **79%** d'images 2D parfaites et directes.



D0

"BDC" avec l'expert

D+25 / D+27

Sessions d'échographie en autonomie par des novices

2. Mettre l'humain au centre de la conception

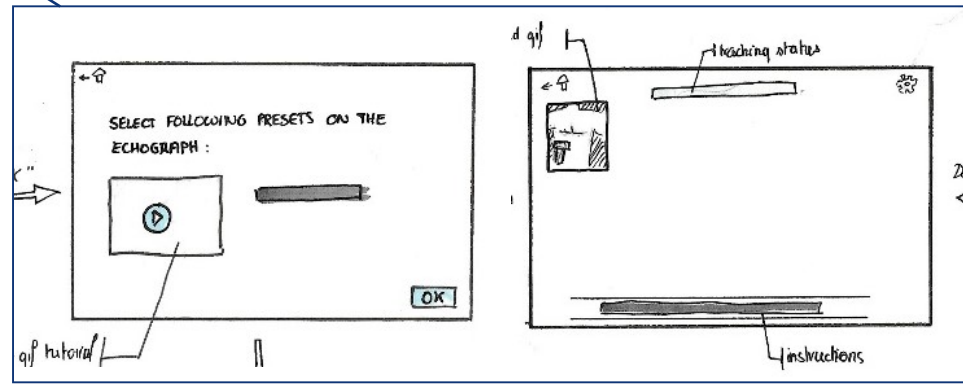
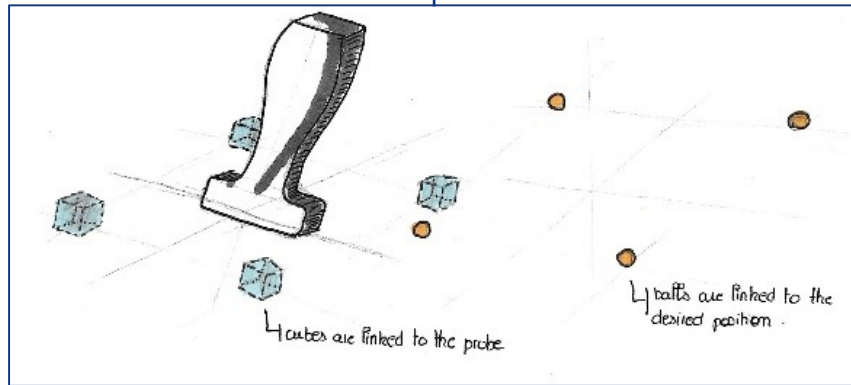
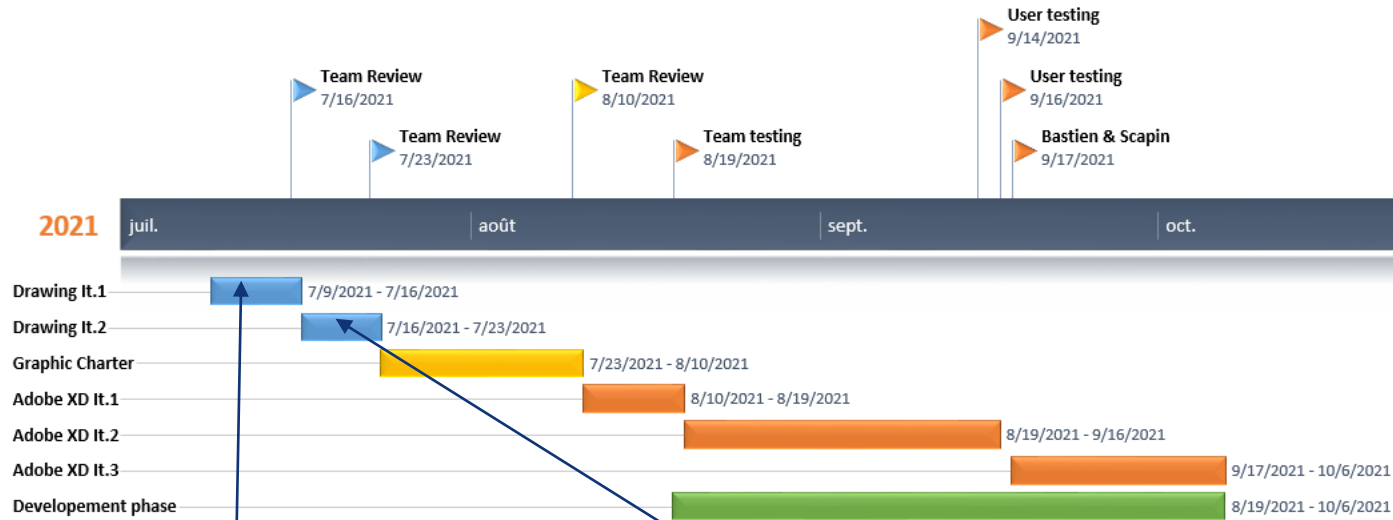


Analyse du besoin

- Interviews contextuelles + Observations métier + Sessions d'idéations
 - Instructrice d'astronautes
 - Médecins d'astronautes
 - PI expérience ECHO
 - Opérateurs ECHO
 - Echographistes en formation
- **Cahier des charges**
 - Les astronautes ne doivent pas devenir des experts
 - Eviter la surcharge d'information



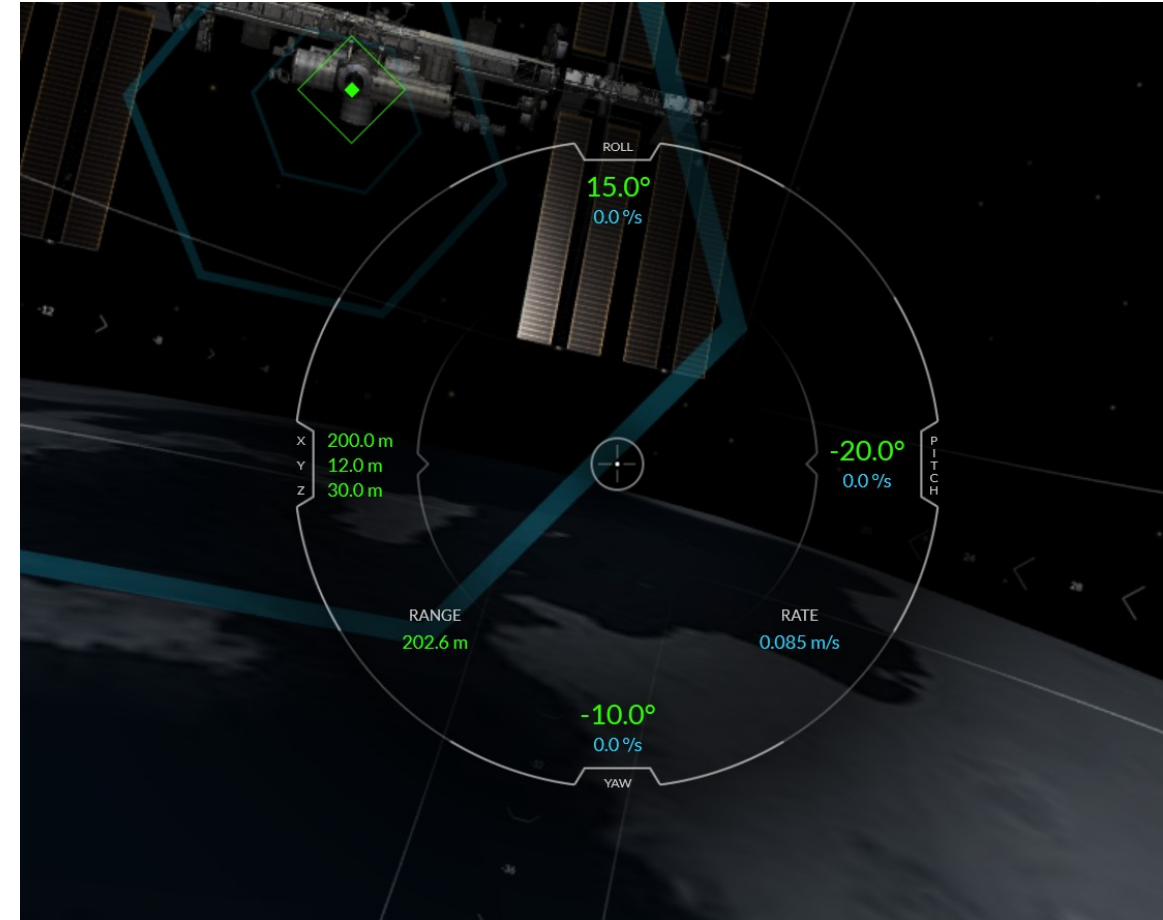
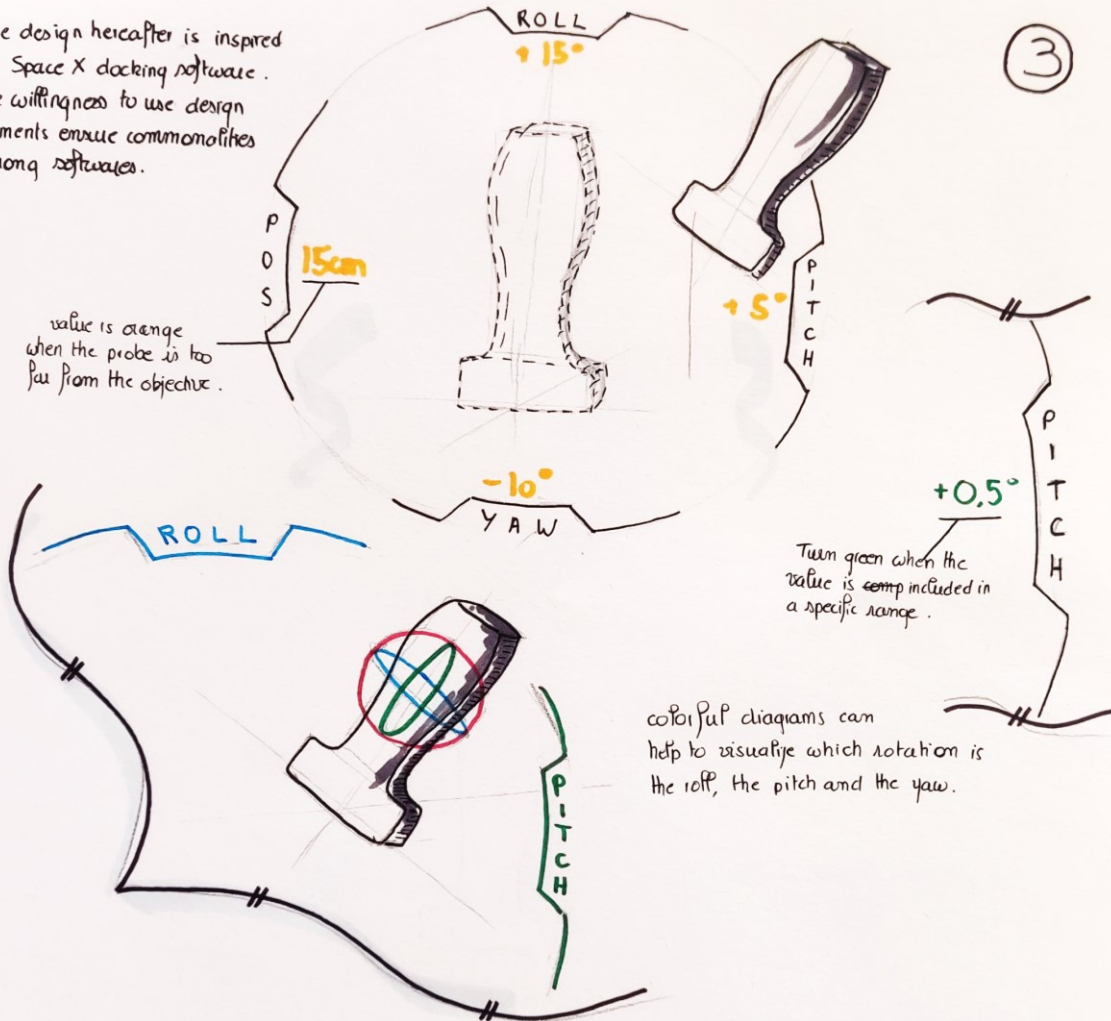
Prototypage



Prototypage

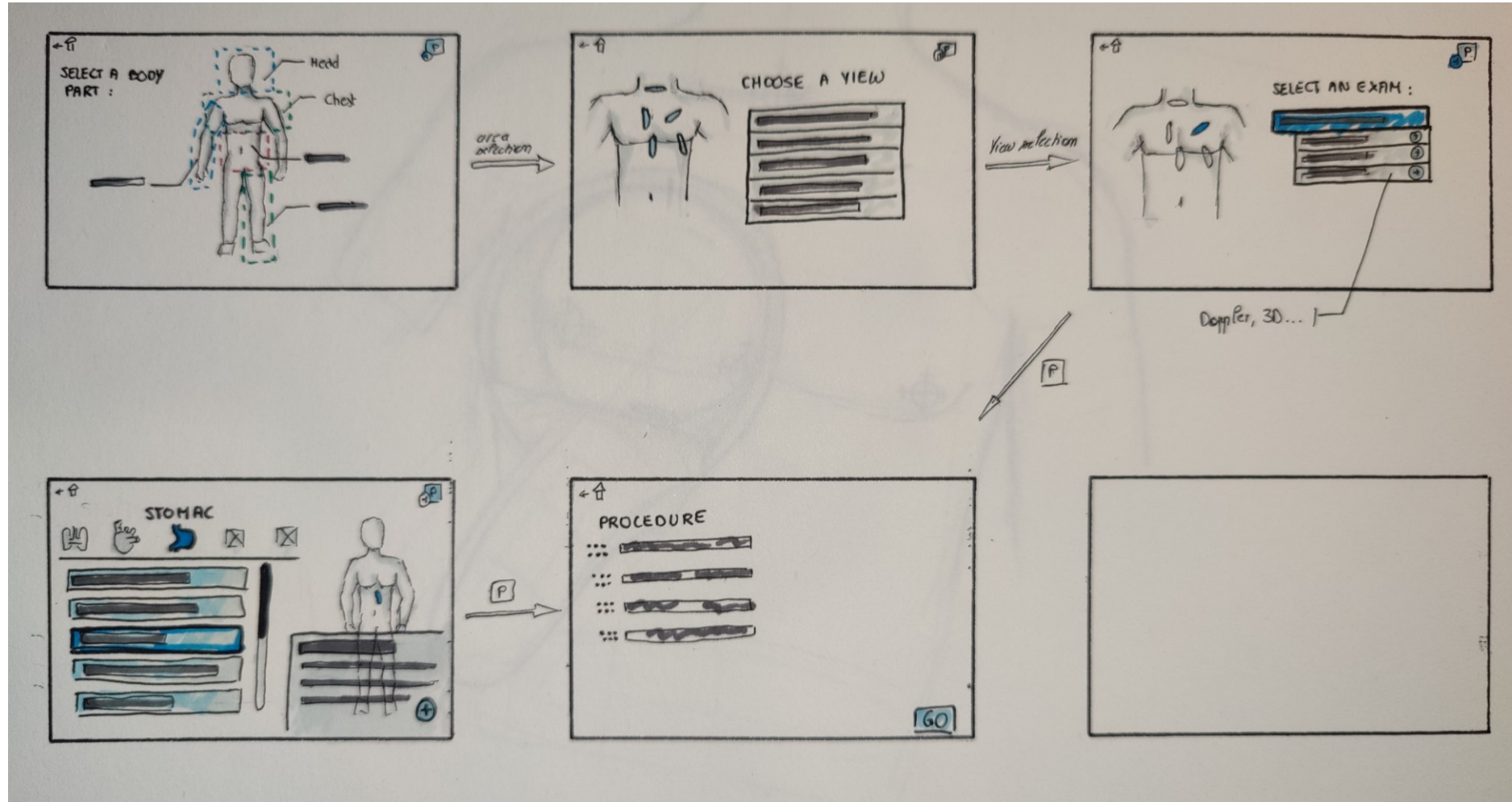
The design hereafter is inspired of Space X docking software. The willingness to use design elements ensure commonalities among softwares.

value is orange when the probe is too far from the objective.

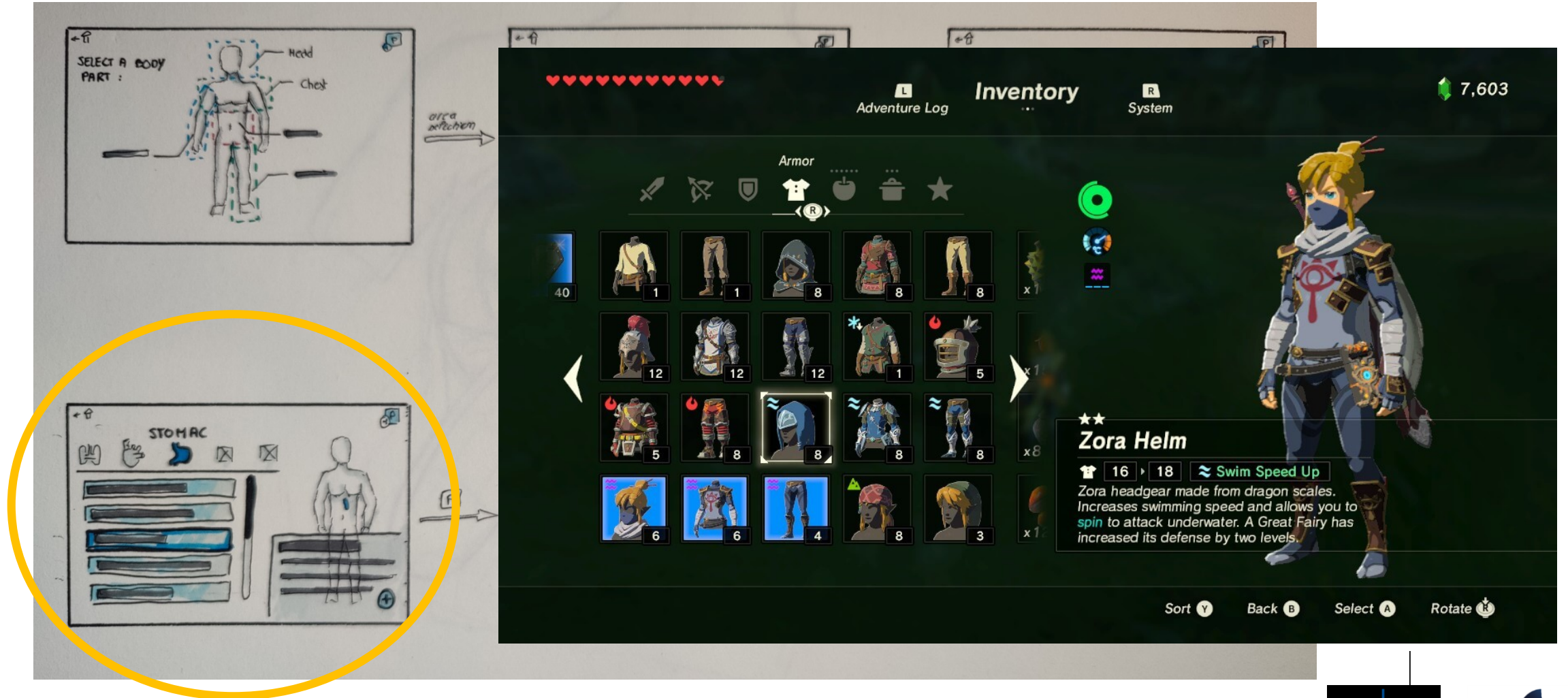


<https://iss-sim.spacex.com/>

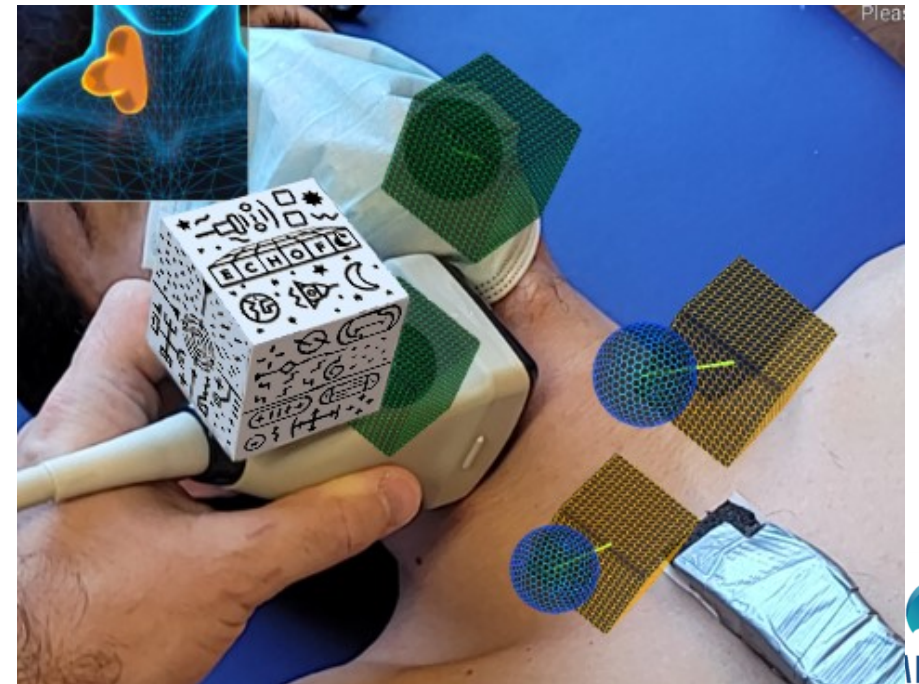
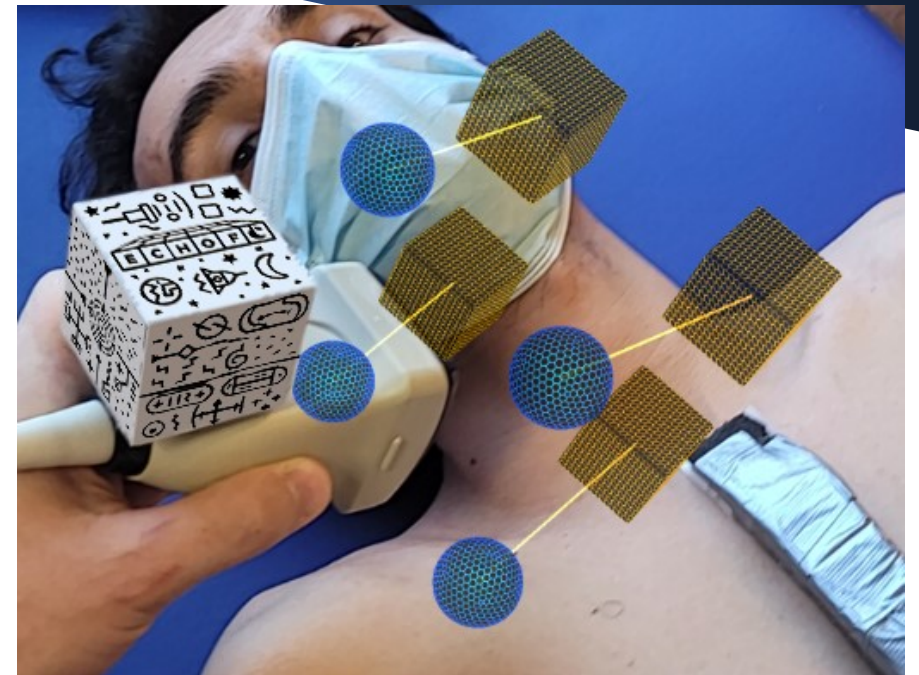
Prototypage



Prototypage



Prototypage



3. Et ensuite ?

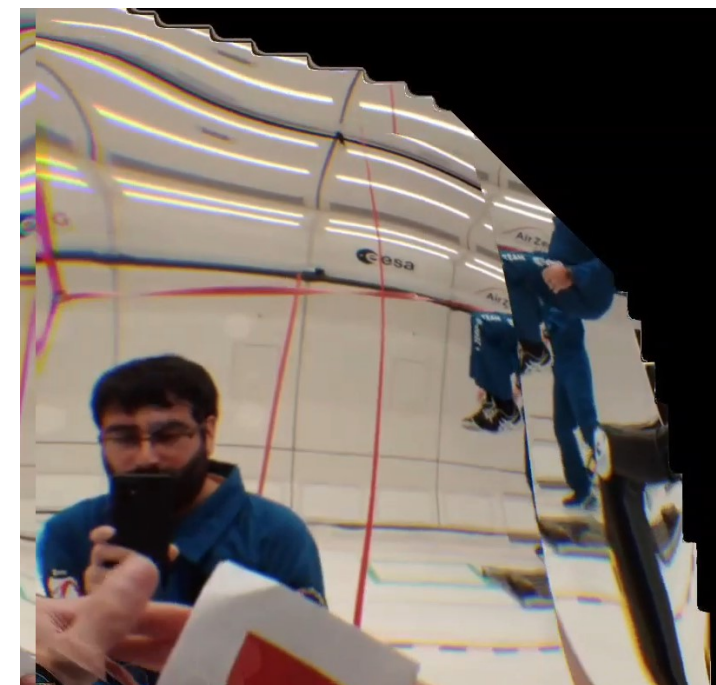
EchoFinder sur casque de RA

*Dépasser les limites d'une tablette grâce à la
réalité mixte.*



Analyse du besoin

- Les limites de la RA sur tablette
 - Encombrement de l'espace de travail
 - Mauvaise perception de l'espace 3D
 - Espace graphique limité (ajout de nouvelles fonctions ?)
- Fonctionnement en micropesanteur ?
 - REX mitigé (Immersive Exercise)
 - Tests prometteurs avec la startup française Lynx
- Le doppler
 - Etude des flux sanguins
 - Regard et attention déportés sur l'écran de l'échographe



Projet étudiant – portage de la solution sur casque



M2 IHM de l'ENAC et l'UPS

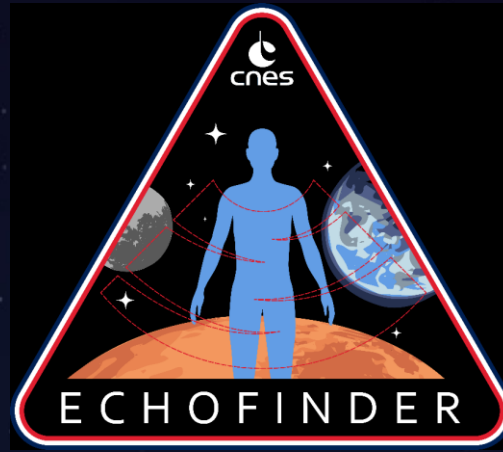


Alain TAI
Tamaiti DELORME
Kahoula SLIMANI
Rayan MISTOIH



Conclusion et perspectives

- Solution validée au sol et en vol parabolique
 - Répond au besoin MEDOPS et scientifique
- Démonstration technologique à bord de l'ISS à l'horizon 2025/2026
 - Matériel a été monté en Janvier 2024 à bord de la mission Axiom 3
 - Vol de Sophie Adenot en 2026
- Technologie en shortlist ESA pour Artemis IV
 - Pressenti pour la station lunaire Gateway
 - Beaucoup de concurrence... mais peu ont réfléchi à l'humain



Merci de votre attention

aristee.thevenon@medes.fr

orphee.faucoz@cnes.fr

didier.chaput@cnes.fr

jerome.daniel@cnes.fr

