

I – Introduction

Le secteur du nucléaire requiert une **précision** et une **maîtrise des gestes** essentiels pour respecter la notion de **sûreté**. La technologie immersive telle que la réalité augmentée (RA, ajout d'une partie digitale dans le réel) apparait comme un élément majeur d'innovation dans ce secteur (*Oleksandr O. Popov, et al., 2021*). En effet, les immersions proposées par la RA permettent d'évoluer dans un environnement sûr, reproductible et totalement maîtrisé permettant aux opérateurs de se **familiariser aux situations complexes/sensibles** réalisées en **Boîte à Gants** (BàG), **sans exposition aux risques radiologiques** (*ORANO Mélox*).

L'École Des Métiers (EDM) de MÉLOX, inaugurée en avril 2024 et disponible depuis avril 2025 au personnel MÉLOX (nouveaux embauchés et salariés confirmés) et sous-traitants, est un espace **non radioactif de plus de 1000 m²** rassemblant des outils de formations physiques et numériques telle que la RA. L'optimisation de la maîtrise du procédé de haute technologie de MÉLOX, à savoir la fabrication du combustible **MOX** (Mélange d'**OXydes** d'uranium et de plutonium), est primordiale afin de limiter le temps d'exposition et par conséquent la dose reçue par les opérateurs lors de leur formation. L'EDM vise à accélérer la formation et la montée en compétences des équipes sur site dans un **environnement non-dosant et non-irradiant** (*ORANO Mélox*).

II – L'École Des Métiers sur Mélox

Interventions virtuelles

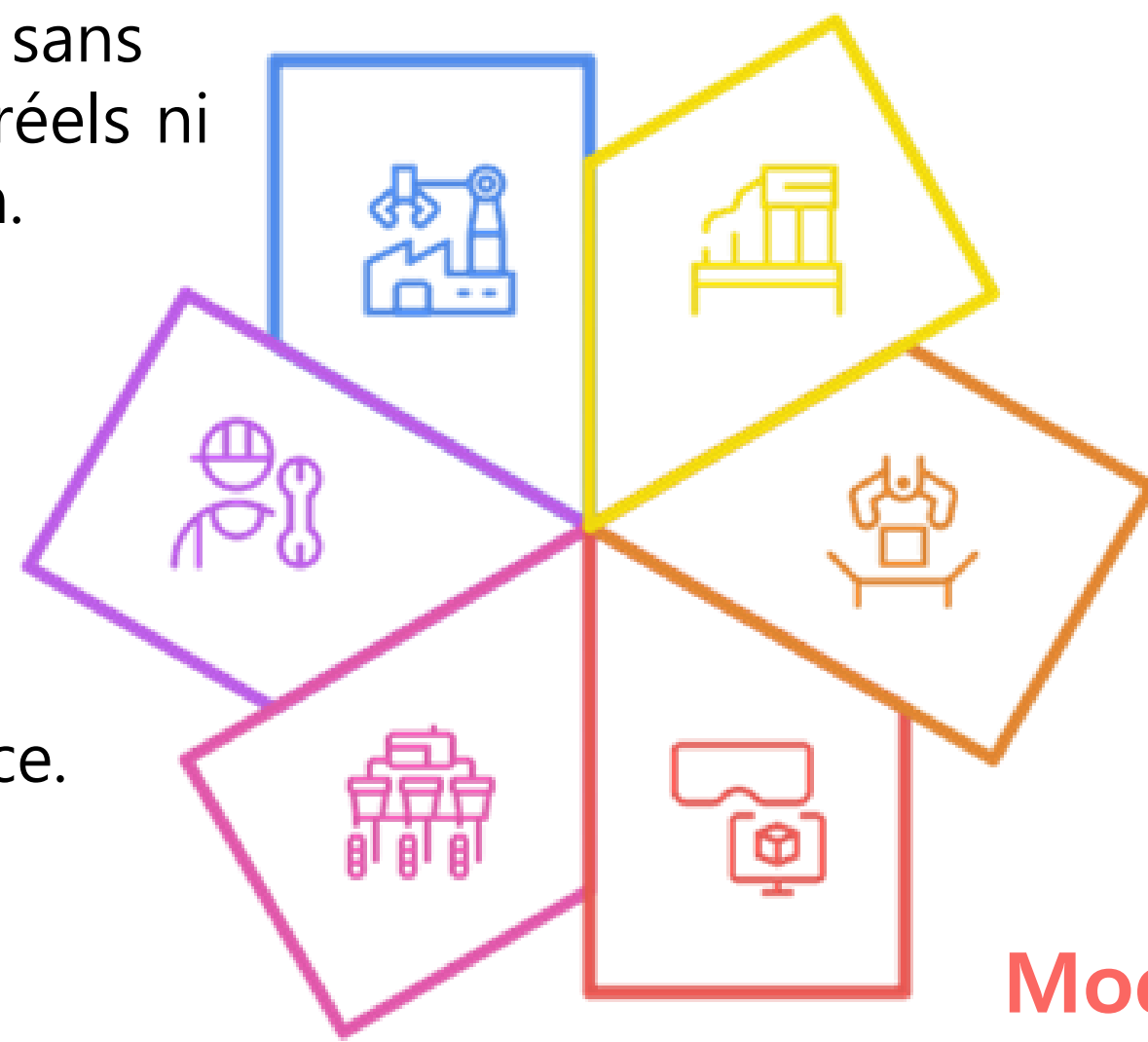
Dans des zones sensibles sans mobiliser d'équipements réels ni interrompre la production.

Exercices de maintenance

Les modules permettent aux équipes de s'exercer aux procédures de maintenance.

Appréhension des installations

55 modules de formations pour appréhender des installations complexes.



Maquettes à l'échelle 1

identiques à celles des installations, représentent un réel avantage pour la compréhension du procédé.

Visualisation de l'intérieur des BàG

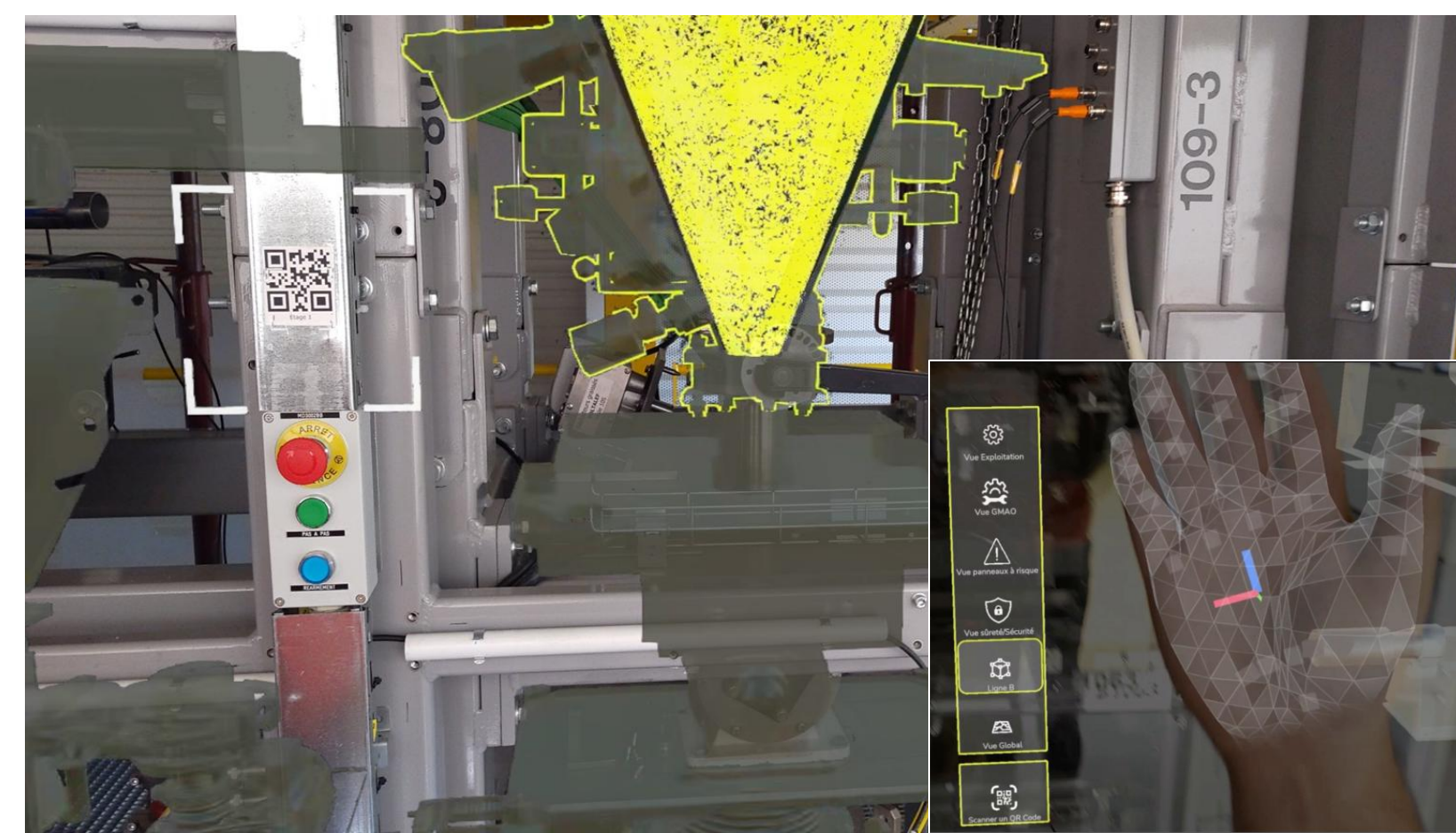
Visualisation de l'intérieur des BàG (position d'un capteur par exemple).

Modules de formation physique/digital

modules de formations intégrant la RA.

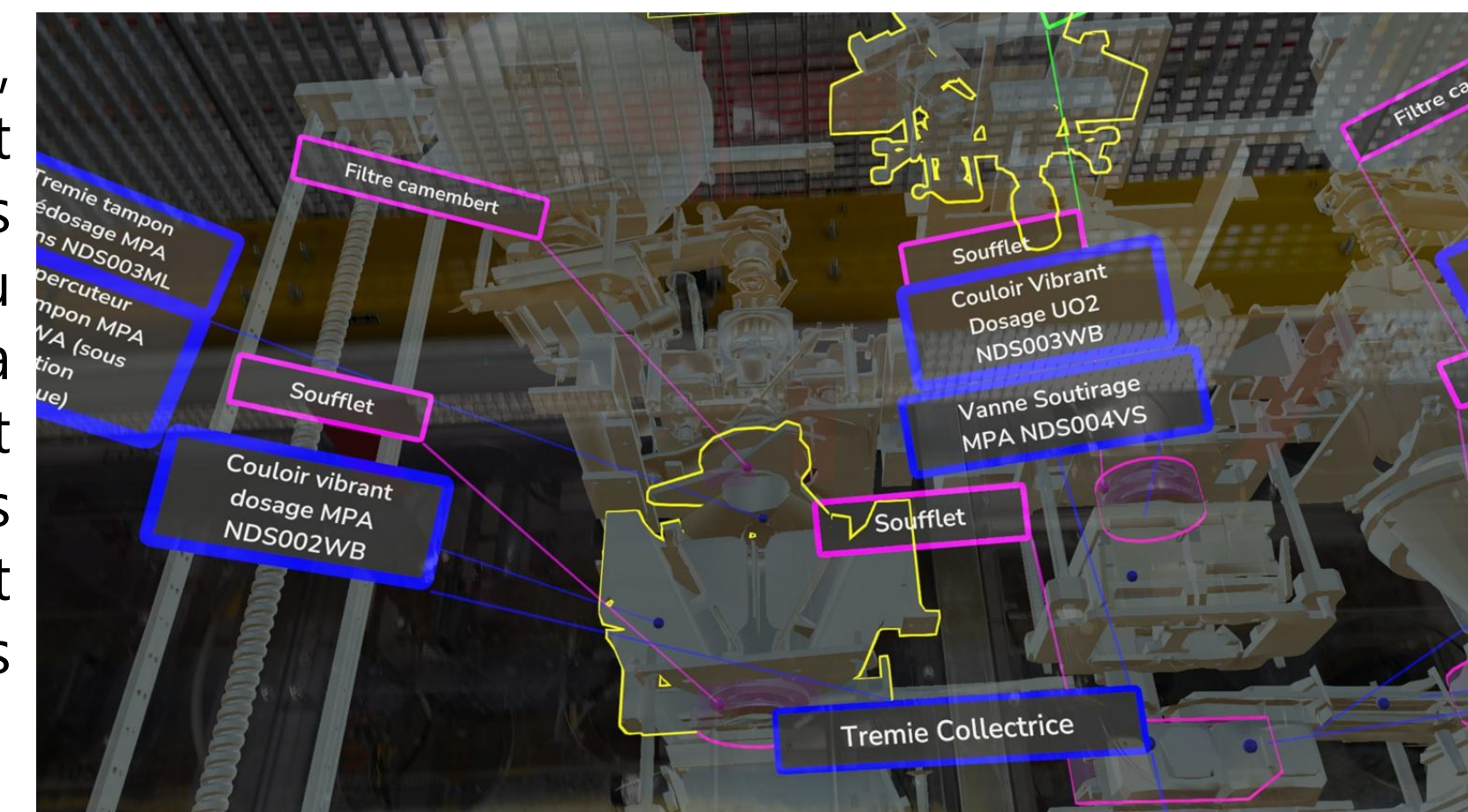
(ORANO Mélox)

IV – Fonctionnement et validations de la RA



Devant les maquettes est disposé un QR code reconnu par le casque de RA. Ce QR code permet grâce à un menu d'option de visualiser, virtuellement, toutes les étapes du procédé. Ici est représenté la BàG située dans le secteur des poudres (NDS) qui a pour objectif de réaliser le mélange secondaire. En jaune est représentée la poudre circulant dans le procédé.

Lors de la conception des maquettes, l'équipe en charge du projet a recensé et mis à jour tous les capteurs et les éléments présents sur chaque machine du procédé. Ces éléments, essentiels pour la compréhension des machines, sont également visualisables grâce aux options disponibles dans le casque de RA. Ici est représenté NDS et les différents éléments qui le composent.



La réalité augmentée est aujourd'hui utilisée en salle des procédés et les demandes d'évolution proviennent des technicien(ne)s de terrain.

(ORANO Mélox)

III – La Réalité Augmentée sur Mélox

La RA est utilisée avec un casque spécifique (voir Figure 3) en zone procédé pour ajouter des représentations virtuelles sur le procédé existant de façon à projeter des interventions d'exploitation sur des parties difficilement accessibles. Elle nécessite une phase d'appréhension de 10 à 15 minutes afin de se familiariser avec l'équipement et d'interagir avec.

Pour reproduire de manière fiable les machines de l'installation, 16 heures de calage ont été effectuées, à la main par l'équipe de l'EDM, pour chaque machine, qu'elles soient à l'EDM ou dans l'installation.

La RA est utilisée pour 3 domaines différents :

Préparation des interventions

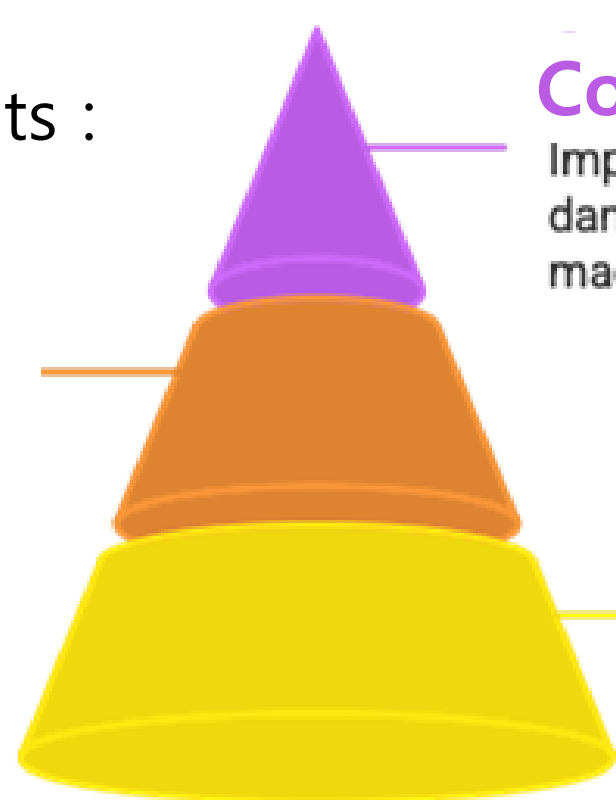
Prépare les interventions pour la sûreté et la qualité

Conception

Implique les opérateurs dans la conception de machines

Formation

Accélère la montée en compétence des employés



(ORANO Mélox)

V – Résultats et avantages

Approbation générale du concept EDM

40 maquettes disponibles

Suppression des doses reçues pendant l'apprentissage en BàG

Deux BàG dextérité pour appréhender la complexité de la manipulation en BàG



Demandes de renseignements techniques par les opérateurs

55 modules de formations physique/digital (RA)

Réduction du temps de formation par 3

Communauté de formateurs active pour la pérennisation des savoirs et le maintien de la montée en compétences

(ORANO Mélox)

VI - Perspectives et conclusion

La RA, évolution remarquable sur le site de MÉLOX, pourrait déjà être améliorée. L'équipe de l'EDM a pour objectif d'intégrer une communication à distance (visualisation + interaction) qui permettrait aux opérateurs de contacter directement leur supérieur pour effectuer des contrôles ou des vérifications par exemple.

Le 4 novembre 2025, ORANO et CAPGEMINI ont dévoilé leur robot humanoïde : HOXO. Ce robot doté d'intelligence artificielle embarquée, des multiples capteurs et de la possibilité d'interagir est installé à l'EDM. Il permettrait, dans le futur, de réaliser des opérations de décontamination en association avec des équipes sur site dans des environnements contraignants. Les tâches réalisées par HOXO permettraient de diminuer la dose reçue par les opérateurs.

En conclusion, l'EDM représente une innovation majeure sur le site de MÉLOX qui contribue directement sur la production de MOX tant en matière de sûreté qu'en matière de qualité.

« Plus de pratique pour plus de fiabilité »

(ORANO Mélox)

VII – Bibliographie

Oleksandr O. Popov, et al., Immersive technology for training and professional development of nuclear power plants personnel – 2021
Rapport d'essai, ORANO Mélox, 2025