

EXTREME une plateforme de travail dédiée à la prévention des risques en milieu nucléaire

Franck Falco¹, Sébastien Mavromatis²
franck.falco@univ-amu.fr

¹Franck Falco, Aix Marseille Université, IUT Département HSE–La Ciotat

²Sébastien Mavromatis, Aix Marseille Université, Polytech Marseille

RESUME : La Licence professionnelle en Radioprotection et Sécurité Nucléaire de l'IUT d'Aix Marseille possède son propre chantier école en radioprotection ; **EXTREME** pour **EX**position des **TR**availleurs En **M**ilieu nucléair**E**. Cette plateforme comprend l'intégralité des éléments d'une Installation Nucléaire de Base depuis les vestiaires jusqu'à la sortie de zone contrôlée permettant ainsi aux étudiants de développer les compétences métiers d'un préventeur en milieu nucléaire. La plateforme est propice aux travaux pratiques, études de cas, retour d'expérience, de part sa polyvalence elle s'inscrit comme le fil conducteur de l'ingénierie pédagogique de la formation.

Mots clés : simulation, dispositif pédagogique, transfert de savoir-faire, retour d'expérience, prévention des risques professionnels, réalité virtuelle.

1 INTRODUCTION

Depuis 2009 la Licence professionnelle en Radioprotection et Sécurité Nucléaire¹ de l'IUT d'Aix Marseille forme de futurs préventeurs en milieu nucléaire. Intégrée au Département Hygiène Sécurité Environnement de l'IUT d'Aix Marseille, elle accueille un public essentiellement issu des filières scientifiques et techniques. La Licence professionnelle en Radioprotection et Sécurité Nucléaire possède son propre chantier école en radioprotection [1] ; **EXTREME** pour **EX**position des **TR**availleurs En **M**ilieu nucléair**E**. Cette plateforme comprend l'intégralité des éléments d'une Installation Nucléaire de Base depuis les vestiaires jusqu'à la sortie de zone contrôlée. **EXTREME** s'inscrit au sein de l'INB² fictive **AMBRE - AM**Biance **R**adiologiqu**E**. Plusieurs situations de travail inspirées de la culture des principaux acteurs de la filière, simulant des chantiers à fort enjeux radiologiques, sont abordées et initient ainsi les étudiants à la rédaction de DIMR et RTR. (Dossier d'Intervention en Milieu Radioactif, Régime de Travail Radiologique). Ces comptes rendus sont parmi les missions les plus demandées aux futurs diplômés.



fig 1 : Vestiaires, Zone contrôlée

2 DESCRIPTIF

2.1 PLATEFORME RADIOPROTECTION

100% sécurisée, **EXTREME** utilise des sources radioactives simulées par des ondes radiofréquence et la contamination est obtenue à l'aide de brouillards chimiques inoffensifs. Les étudiants ont à leur disposition des radiamètres, des contaminamètres, des dosimètres passifs et actifs ainsi que des instruments de surveillance et de contrôle comme des balises d'ambiance, des portiques de détection, un contrôleur mains pieds. Ces équipements, assainis, ont été récupérés auprès d'anciens sites nucléaires ou fabriqués en s'inspirant de leur modèle réel. **EXTREME** est un outil modulable autorisant différentes configurations de travail en fonction de l'environnement d'étude : cycle du combustible, CNPE, laboratoire usine..



fig 2 : Matériel de simulation

A chaque scénario de travail, les étudiants se trouvent successivement opérateurs puis prescripteurs et rencontrent toutes les situations présentes en milieu nucléaire : cartographies, zonage radiologique, optimisation de poste de travail, analyse de risques sur chantier à fort enjeu dosimétrique, détection de points chauds, caractérisation de contamination, pratiques de fiabilisa-

tion, techniques d'habillage et de déshabillage, évacuation d'opérateur contaminé... développant ainsi de nombreuses compétences « métier ». La plateforme est équipée de caméras dédiées à la supervision et au débriefing collégial.



fig 3 : Contrôles de sortie de zone

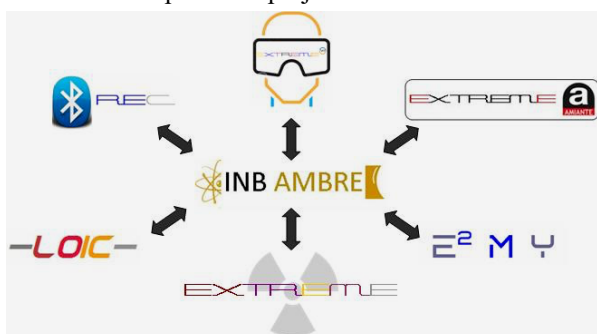


fig 4 : Rédaction d'analyse de risques, Supervision

2.2 POLYVALENCE

Initialement conçue pour la radioprotection, la plateforme est très rapidement devenue le fil conducteur de la Licence professionnelle RSN en intégrant de nombreuses thématiques comme : le zonage déchets, le déclassement d'INB, la ventilation nucléaire, l'ergonomie au poste de travail, les facteurs organisationnels et humains, la préparation de tir radio, les chantiers en espace confiné ainsi que la problématique amiante en milieu nucléaire. Ce chantier école est utilisé par de nombreux intervenants, universitaires et professionnels, et sert de support pédagogique aux différents projets tutorés.

La polyvalence de l'installation autorise de nombreuses déclinaisons et plusieurs projets en cours de réalisation



2.3 PROJET B.R.E.C.

Le projet **B.R.E.C** (Bluetooth **RE**mote **C**ontrol) s'inscrit dans la démarche pédagogique de la plateforme EXTREME par le biais d'un projet tutoré confié à 3 étudiants de la promotion. L'objectif principal est de créer un outil dédié à la commande à distance des maquettes présentes sur la plateforme. Il s'agit d'une application Arduino associée à une interface Android permettant d'animer des scénarios d'urgence comme le déclenchement d'une balise, l'état de contamination d'un opérateur... L'outil est prêt, testé et il doit être déployé sur les maquettes suivantes : balises aérosols, balise gamma, contrôleur mains pieds, portiques, gammagraphe, radiamètre.



fig 5 : Tablette de commande, prototype de câblage de balise aérosols

2.4 PROJET E².M.Y

Le projet **E².M.Y** (Enceinte **E**tanche **M**obile **p**oly**v**alente) s'inscrit dans la démarche pédagogique de la plateforme EXTREME par le biais d'un projet tutoré confié à 3 étudiants de la promotion. L'objectif principal est de concevoir et de réaliser une boîte à gants (BAG) en dépression. Outre les aspects physiques comme la ventilation, l'aéraulique, le calcul de pertes de charge, ce nouveau matériel équipera à terme la plateforme radioprotection afin d'y mener des scénarii de démantèlement, assainissement, contamination, zonage... Les étudiants sont en possession de ronds de gants, filtres THE, vannes, extracteur, soupape hydraulique, panneaux de plexiglas...



fig 6 : BAG EMY

2.5 PROJET EXTREME A

Ce projet a pour objectif principal de créer un chantier école complémentaire à la plateforme EXTREME mais entièrement dédié aux opérations de désamiantage en milieu nucléaire. Comme les projets précédents, EXTREME A s'inscrit dans le cadre d'un projet tutoré confié à 2 équipes de 3 étudiants. Sur le même modèle que la plateforme radioprotection, EXTREME A sera doté de plusieurs maquettes simulant la présence d'amiante (laine de roche, tresses métalliques, joints en fibres...) grâce auxquelles les étudiants développeront leur compétences terrain en matière de confinement, création de sas, modes opératoires, mesure d'ambiance EXTREME A comprendra des sas d'habillage/déshabillage, des sas déchets, plusieurs caméras. Contigu à la plateforme radioprotection, EXTREME A sera également équipé d'un circuit d'air respirable.

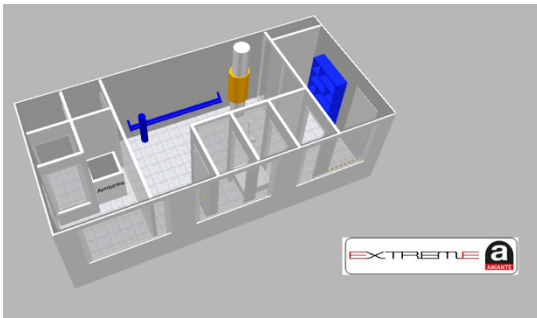


fig 7 : Implantation du chantier école amiante

2.6 PROJET LOIC

Le projet **LOIC**, **LO**cal dédié aux **I**nterventions en espace **C**onfiné s'inscrit une nouvelle fois dans le cadre des projets tutorés de la formation. La prévention des risques professionnels couvre un spectre élevé de situations en milieu hostile. C'est la raison pour laquelle 3 étudiants ont créé un sas de travail afin d'y organiser des travaux pratiques en espace confiné. Le but étant de développer les compétences métier en termes de détection (O_2 , CO_2 , H_2S), balisage, préparation de chantier, intervention. Ce projet bénéficiera également de l'application **BREC** (voir 2.3)



fig 8 : Mises en situation en espace confiné

.... sans oublier les multiples projets de communication avec la réalisation de films didactiques et promotionnels des différentes activités effectuées tout au long de l'année :

https://drive.google.com/file/d/1ybbbVM_S393B4aUgGckgR-UZceFgsDvS/view?usp=sharing

2.7 RETOUR D'EXPERIENCE

Après trois ans d'utilisation la plateforme EXTREME a permis de confirmer l'utilité d'un tel espace de travail pour les étudiants qui s'approprient très tôt dans l'année l'ensemble des maquettes. Ceci est dû à plusieurs raisons :

- Sécurisation des manipulations car aucune source radioactive réelle n'est utilisée,
- Utilisation encadrée de la plateforme lors des différentes séances de travaux pratiques dédiées successivement aux environnements **EDF**, **ORANO**, **CEA**
- Mise à disposition de la plateforme pour les projets tutorés.

Témoignage de Valentin, apprenti chez Orano Cycle :

Nous n'apprenons pas plus qu'en salle de classe classique mais nous apprenons mieux dans la mesure où nous sommes confrontés à des situations réelles de travail en pouvant néanmoins commettre des erreurs immédiatement corrigées par les formateurs. La plateforme facilite également les échanges et renforce le travail en équipe.

2.8 PLATEFORME DE REALITE VIRTUELLE

2.8.1 POLYTECH MARSEILLE

Depuis 2010, le département informatique de Polytech Marseille forme des ingénieurs spécialistes de la réalité virtuelle et augmentée qui exercent aujourd'hui dans de grands groupes internationaux, des PME innovantes et des laboratoires de recherche. Le département informatique possède sa propre plateforme technologique : ReVA pour Réalité Virtuelle et Augmentée. Cette plateforme comprend du matériel (stations graphiques, casques, capteurs ...) et des logiciels spécifiques au développement d'applications graphiques en réalité virtuelle et augmentée.



fig 9 : plateforme ReVA

2.8.2 EXTREME VR



Le projet EXTREME VR s'inscrit dans la démarche pédagogique de la plateforme de travail EXTREME du département HSE de l'IUT de La Ciotat. Le projet a pour objectif de proposer une plateforme pédagogique en réalité virtuelle. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'apprentissage expérientiel qui peut être défini comme une façon d'apprendre dans l'action [2, 3, 4]. La réalité virtuelle qui propose aux apprenants d'agir sur un environnement virtuel prend ainsi place auprès d'autres pédagogies actives comme les approches par problèmes, les activités en situation authentique, la simulation. Durant leurs expériences virtuelles, les apprenants interagissent avec les objets de manière analogue à ce qui est proposé sur le site EXTREME. Par exemple, dans le cadre d'un scénario d'habillage, ils sont en mesure de "se saisir" de vêtements virtuels et de "s'équiper" en déposant chaque vêtement sur la partie correspondante de leur corps (un casque se place sur la tête, des chaussettes aux pieds ...).

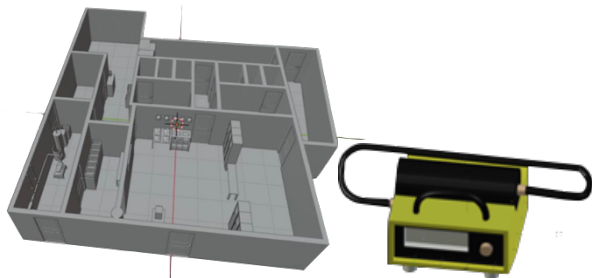
Par ce développement, EXTREME VR met à disposition une plateforme sur-mesure et modulable complémentaire aux actions menées au sein du chantier école en proposant un soutien à la formation existante et un environnement pour l'entraînement autonome.

Les principaux jalons du développement et l'avancement de leur développement de la plateforme sont présentés par le graphique ci-dessous :



fig 10 : avancement du développement

Les outils technologiques utilisés pour le développement d'EXTREME VR sont : l'application Unity¹ (plateforme de développement temps réel), le langage C# (langage de programmation), VRTK² (une collection d'outils pour le développement rapide d'applications de réalité virtuelle).



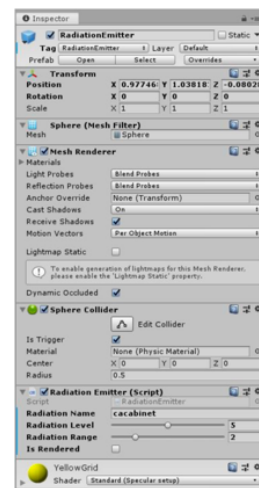
(a) Modélisation du chantier école et d'un instrument

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Scenario2>
  <element Tag="saveRadiationEmitter">
    <GameObject Tag="RadiationEmitter">
      <Name> [insert radiation Tag] </Name>
      <RadLevel> 1.571126 </RadLevel>
      <Radius> 1.000000 </Radius>
      <Location> (-3.1, 1.2, 4.0) </Location>
    </GameObject>
  </element>
  <element Tag="saveUnloadedObjects">
    <GameObject Tag="toOnload" Name="Filtre (1)" />
  </element>
</Scenario2>
```

(b) Extrait de la configuration d'un scénario

```
30/01/2020 22:45:03 : Filtre (3) -- saisi
30/01/2020 22:45:07 : Filtre (3) -- lâché
30/01/2020 22:45:09 : PoigneeReseauTuyau (2) -- fermé à
81% (était ouvert à 100%)
30/01/2020 22:45:11 : PoigneeReseauTuyau (2) -- fermé à
100% (était ouvert à 19%)
30/01/2020 22:45:17 : Casque (5) -- déséquipé
30/01/2020 22:45:19 : Casque (5) -- saisi
30/01/2020 22:45:20 : Casque (5) -- lâché
30/01/2020 22:45:21 : Casque (5) -- détruit
```

(c) Extrait d'un rapport d'enregistrements des actions



(d) Configuration des sources radioactives

fig 11 : Illustrations du développement

2.8.3 RETOUR D'EXPERIENCE

Le développement du projet EXTREME VR a été proposé, sous forme de projet, aux élèves de la 4^{ème} année et 5^{ème} année de la formation d'ingénieurs en informatique. Le travail est réalisé en groupe de deux à cinq élèves.

Les élèves adhèrent très vite au travail en groupe et au co-encadrement assuré par deux enseignants aux compétences complémentaires.

Les technologies informatiques, à la fois « de pointe » et « à la mode » sont également très plébiscitées par les élèves et permettent d'acquérir une compétence technique très appréciée par leurs futurs employeurs.

¹ <https://unity.com>

² <https://vrtoolkit.readme.io>

Témoignage de Marie, élève de 5^e année :

Nous mettons en application beaucoup de notions vues dans plusieurs matières. En plus, ce projet nous permet d'utiliser des technologies très récentes que nous n'avons pas l'occasion d'apprendre par ailleurs.

Grâce à ce projet, nous appréhendons mieux les usages de l'informatique et en particulier de la réalité virtuelle.

Nous avons eu l'occasion d'avoir des retours d'utilisateurs de notre développement et de les prendre en compte. Ça nous permet de faire comme si nous avions un « vrai » client et c'est formateur.

3 CONCLUSION

La prévention des risques professionnels en milieu nucléaire met en jeu des thématiques transverses dont la radioprotection, l'ergonomie, les études de postes, la ventilation ... La conception et l'utilisation de plateformes immersives permet une immersion rapide des étudiants dans des situations de travail qu'ils rencontreront dans l'industrie. Cette dernière apprécie des cadres intermédiaires polyvalents sachant, planifier, surveiller et prescrire des tâches de travail tout en connaissant les contraintes des opérateurs. **EXTREME** et **EXTREME VR** sont des outils dont l'amélioration filée au cours

des années autorise de multiples projets dans lesquels les étudiants sont à la fois utilisateurs et concepteurs.

Dans un souci permanent d'évolution des pratiques pédagogiques tout en répondant aux besoins des professionnels, les départements HSE de l'IUT d'Aix Marseille et Informatique de Polytech Marseille misent sur une collaboration durable afin de contribuer pleinement au développement de l'approche par compétences des formations de l'enseignement supérieur.

Bibliographie

- [1] Revue IRSN REPERES n°37 avril 2018 p 22-23.
- [2] Kolb, D.A., "Experiential learning: experience as the source of learning and development" Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall (1984).
- [3] J. T. Bell and H. C. Fogler, "The application of virtual reality to (chemical engineering) education," IEEE Virtual Reality 2004, Chicago, IL, USA, 2004, pp. 217-218. DOI 10.1109/VR.2004.1310077
- [4] A. G. Abulrub, A. N. Attridge and M. A. Williams, "Virtual reality in engineering education: The future of creative learning," 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Amman, 2011, pp. 751-757. DOI 10.1109/EDUCON.2011.5773223