



Interreg
ALCOTRA



PRODIGE

PROTÉGER LES CITOYENS, DÉFENDRE LES INFRASTRUCTURES,
GÉRER LES GRANDS ÉVÉNEMENTS



PRODIGE

Projet PRODIGE

Protéger les citoyens, défendre les Infrastructures,
gérer les grands événements

Les partenaires du projet PRODIGE sont:



Comune di Cuneo



SDIS 04 – Service Départemental d’Incendie et de Secours des Alpes de Haute-Provence 04



SITI – Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l’innovazione



Città di Torino

Sommaire

Index des auteurs.....	9
Avant-propos	11
1. Le projet PRODIGE	12
1.1. Le contexte	12
1.2. Les objectifs	15
1.3. Les partenaires.....	17
2. Les principaux résultats.....	20
2.1. La plate-forme PRODIGE pour la formation en réalité virtuelle des opérateurs de la protection civile et la communication des risques aux citoyens.....	20
2.1.1. L'état actuel	21
2.1.2. La plate-forme.....	45
2.1.3. Les scénarii pilotes	49
2.1.4. Le module intégratif de communication.....	62
2.2. Les sessions de formation et de communication	80
2.2.1. Exercices pratiques à Cuneo avec les sapeurs-pompiers	81
2.2.2. ThinkUp for Disability.....	82
2.2.3. Libro Profugo au Salon international du livre.....	84
2.2.4. Exercices pratiques à Digne-les-Bains	88
2.2.5. Exercices pratiques à Turin	95
3. Opportunités stratégiques pour le futur	98
3.1. Synergie avec les outils Emergency Management développés par le JRC d'ISPRA	98
3.2. Support aux thèses pour la recherche avec lancement de scénarii expérimentaux	107
3.3. Projets futurs à l'intérieur des programmes de financement européens	115
4. Bibliographie et sitographie	122

Index des auteurs

Chapitre	Auteurs	Institution d'appartenance
1. Le projet PRODIGE	Sergio Olivero, Alessandra Filieri, Massimo Migliorini, Francesco Moretti, Valentina Dolci	SITI – Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione (Institut supérieur sur les systèmes territoriaux pour l'innovation)
2. Les principaux résultats	Alessandra Filieri, Massimo Migliorini, Valentina Dolci	SITI – Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione (Institut supérieur sur les systèmes territoriaux pour l'innovation)
	Luca Licata	LD Multimedia
	Fabrizio Lamberti, Andrea Sanna	École Polytechnique de Turin
	Luca Zigiotti, Federico Dellanoce, Gianfranco Todesco	Municipalité de Turin
	Philippe Sansa, Jean-Christophe Julien, Laure Ansel	SDIS04 – Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes de Haute-Provence
	Simone Fogliacco	Municipalité de Cuneo
3. Opportunités stratégiques pour le futur	Daniele Galliano	JRC – Joint Research Center (Centre Commun de Recherche)
	Sergio Olivero, Massimo Migliorini	SITI – Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione (Institut supérieur sur les systèmes territoriaux pour l'innovation)
	Fabrizio Lamberti, Andrea Sanna, Davide Calandra, Michele Billi	École Polytechnique de Turin

Avant-propos

Cette publication a l'intention d'offrir un cadre complet des résultats du projet PRODIGE financé avec les fonds du programme Interrég. ALCOTRA Italie-France 2014-2020.

L'abréviation PRODIGE signifie PROTéger les citoyens, Défendre les Infrastructures, Gérer les grands Événements ; il s'agit d'une tâche difficile à laquelle les organismes préposés à la gestion des crises (Protection civile, sapeurs-pompiers, équipes de secours, etc...) doivent faire face chaque jour dans un contexte rendu de plus en plus complexe par les changements climatiques et par la croissante pression anthropique sur le territoire et sur les infrastructures.

Afin de garantir l'efficacité des organismes préposés à la gestion des crises, il est essentiel d'assurer une gestion efficace des opérateurs, en faisant également en sorte que les équipes sur le terrain soient coordonnées au niveau aussi bien national que transfrontalier.

Le projet PRODIGE a développé des instruments innovants basés sur la réalité virtuelle disponibles actuellement afin de faciliter la transition vers une nouvelle approche de la Protection civile, basée sur la combinaison de technologies, organisation et formation.

La publication offre un panorama des principaux résultats du projet et se propose d'atteindre aussi bien les «opérateurs » que les citoyens, dans l'objectif d'informer, mais aussi de créer une sensibilisation concernant les potentialités de la réalité virtuelle pour un monde plus sûr.

1. Le projet PRODIGE

PRODIGE est un projet qui prévoit la collaboration entre les autorités françaises et italiennes, réalisé avec la contribution de l'Union européenne dans le cadre du programme Interrég. ALCOTRA.

ALCOTRA, l'abréviation de Alpes Latines Coopération TRAnsfrontalière, est l'un des programmes européens de coopération sur le territoire alpin entre la France et l'Italie. Depuis 1990, le programme a financé presque 600 projets pour un montant d'environ 550 millions d'euros. L'objectif du programme est d'améliorer la qualité de vie des populations et le développement durable des territoires à travers une coopération impliquant l'économie, l'environnement et les services aux citoyens [1].

Ci-après, l'illustration du contexte dans lequel prend place le projet PRODIGE, les objectifs qu'il a visé à atteindre et les partenaires qui y ont été impliqués.



Figure 1: Interrég ALCOTRA avec logo PRODIGE

1.1. Le contexte

Les changements climatiques représentent un phénomène actuel: l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA Signals 2015 - Living in a changing climate) a déterminé que de tels changements se poursuivront et qu'il en découlera des catastrophes naturelles (inondations, catastrophes hydrogéologiques, glissements de terrain et coulée de boue, etc.) qui deviendront de plus en plus fréquentes et intenses, en provoquant des

conséquences de plus en plus graves pour la santé et la sécurité des populations, pour l'environnement et pour le bien-être économique et social global.

La vulnérabilité à l'égard de ce type d'événements varie selon les régions Européennes concernées, mais il en résulte qu'elle est très élevée lorsque des zones transfrontalières touchées impliquent deux états. Dans un scénario transfrontalier en effet, les autorités locales et nationales en charge de la gestion du territoire devront collaborer dans le cadre de la coopération internationale, avec l'objectif de maximiser l'efficacité des procédures, en atténuant les risques et les ressources.

Toutefois, cela représente un défi considérable, puisqu'il y a un certain nombre d'obstacles qui rend l'interaction avec la multiplicité des acteurs impliqués difficile, notamment :

- l'usage de langues différentes ;
- l'emploi de critères et d'indicateurs différents pour le classement des sinistres ;
- l'existence de systèmes et de codes d'alerte différents ;
- l'utilisation de méthodes différentes pour quantifier et évaluer les conséquences d'une catastrophe ;
- il existe différents protocoles et règlements pour déterminer les priorités et les moyens d'intervention et pour la gestion et l'emploi des ressources ;
- l'existence de différentes hiérarchies politiques et de répartition de rôles entre les autorités locales/régionales/nationales ;
- l'adoption des stratégies de communication distinctes (et incohérentes entre elles) pour alerter la population.

Une **coopération transfrontalière efficace/efficiente** est nécessaire pour assurer la meilleure réponse opérationnelle possible et l'assistance dont les citoyens ont besoin. Cela augmente l'importance des initiatives de recherches transfrontalières qui aspirent à créer des instruments pour favoriser, faciliter et augmenter la coopération entre les autorités responsables de la gestion des crises dans les zones transfrontalières.

Le territoire transfrontalier entre le **Département des Alpes de Haute Provence** et la **Région du Piémont** représente une zone stratégique pour le réseau routier qui supporte le transport de biens et de marchandises entre l'Italie et la France. Le territoire transfrontalier possède une conformation géomorphologiques qui le rend particulièrement vulnérables aux phénomènes naturels extrêmes, (parmi les phénomènes de plus grande importance on retrouve l'inondation due à la crue du Tanaro en 1994, les inondations de 2011 et 2014 dans la Province de Turin et d'Alessandria, la crue du Var en 2010).

Le projet PRODIGE (PROtégér les citoyens, Défendre les Infrastructures, Gérer les grands Événements) naît de l'objectif de renforcer la collaboration entre les autorités françaises et italiennes chargées de la gestion

des crises, en augmentant la capacité d'effectuer des opérations efficaces de réponse conjointe aux risques naturels.

Le projet est finalisé notamment à accroître l'efficacité de la prévention des risques et de la gestion des crises au niveau transfrontalier, à travers l'amélioration de la formation et de l'entraînement des opérateurs de la protection civile en Italie et en France, et, plus généralement, en augmentant la résilience du territoire de référence.

Les années précédentes ont vu une révolution dans le concept de « gestion des situations d'urgences ». Comme déjà mentionné, une coopération transfrontalière efficace est nécessaire pour assurer la meilleure réponse opérationnelle possible et l'assistance dont les habitants ont besoin. Il est donc fondamental de réaliser des événements interactifs où les acteurs locaux nationaux peuvent interagir et expérimenter des protocoles innovants afin de maximiser l'efficacité des mesures d'interventions conjointes.

Les exercices sur le terrain sont un moment effectif de vérification de l'interopérabilité entre les différents opérateurs, mais étant donné les importantes difficultés logistiques (distance entre opérateurs, besoins pour le déploiement de moyens, le transport des équipements, etc.), ils ne peuvent être reproduits avec une fréquence rapprochée et représentent des coûts non négligeables.

Le développement récent des nouvelles TIC (Technologies d'Informations et de Communications) et des nouveaux moyens de communications (réseaux sociaux, plateformes de jeux de rôles, réalité virtuelle, etc.) lié à l'état d'avancement global de l'industrie des jeux vidéos et à la logique de gestion des urgences, ont permis de se baser sur le modèle de « jeu grandeur nature ». Ces évolutions ont conduit à l'apparition du concept des **serious games**.

Les *serious games* sont des simulations d'événements réels dans des environnements tridimensionnels virtuels dont l'objectif primaire est de fournir aux utilisateurs une possibilité d'entraînement avancé dans un secteur d'activité déterminé.

La diffusion des plates-formes **MMORPG** (*Massive Multiplayer Online Role-Playing Games*) a permis d'avoir un nouveau niveau d'interaction entre les personnes au sein d'environnements virtuels, permettant de mettre en place des simulations sophistiquées et réalistes de différentes situations et scénarii. Sur les MMORPG, les joueurs peuvent communiquer, se déplacer d'un point à un autre sur une carte géo-référencée, accomplir des actions, conduire des véhicules, interagir avec les objets, les événements et les autres joueurs présents dans le même environnement, le tout en temps réel. Chaque personnage est à même de voir les autres joueurs et leurs actions et peut réagir en accomplissant, à son tour, d'autres actions, le tout dans un environnement en 3D qui reproduit celui réel avec fidélité. Les simulations sont d'ordinaire contrôlées par des « *master* » (les maîtres de la simulation) qui peuvent modifier l'environnement et créer des événements localisés (comme une explosion, un incendie, une émeute, une panne d'électricité locale, etc...) ou bien introduire de nouvelles criticités comme une coupure de courant ou de téléphone.

L'utilisation des serious games ouvre de nouveaux horizons dans le domaine de la gestion des crises, où l'aspect fondamental est d'optimiser l'interaction des différents acteurs qui coopèrent dans un laps de temps

très court en devant affronter des scénarii imprévus et en permanente évolution. En cas de crise les diagrammes logiques sont en constante évolution, les décisions doivent être prises rapidement et peuvent avoir un impact significatif dans une variété de secteurs (énergie, eau, santé, etc...). En outre, beaucoup d'acteurs impliqués, depuis les niveaux de décisions les plus opérationnels (protection civile, pompiers, santé, police, etc.) jusqu'aux niveaux plus organisationnels/gestionnels (préfectures, agences de sécurité, organes gouvernementaux), doivent coopérer de façon parfaitement efficace pour pouvoir assurer une réponse rapide à la crise, en interagissant entre eux avec des rôles et des modalités qui ne sont pas normalement intégrés dans leur activité quotidienne.

Le projet PRODIGE se propose d'identifier les points forts de la technologie des *serious games* et de les mettre au service des opérateurs pour la gestion des crises.

1.2. Les objectifs

Les "acteurs" de la sécurité et de la protection civile peuvent venir de différents services, corps et nations : la technologie de la réalité virtuelle représente un instrument efficace pour la formation de groupes comprenant des personnes avec des compétences et des rôles différents. La capacité de coopérer et de proposer des solutions partagées adaptées aux contextes différents est développée dans les environnements virtuels, en influençant positivement le succès des réponses opérationnelles en situation réelle d'urgence.

L'objectif général du projet PRODIGE est de mettre en route le développement d'une plateforme de réalité virtuelle associée à un système de récolte de données sur le territoire et de communication bidirectionnelle avec la population, pour augmenter l'efficacité de la prévention des risques et de la gestion des urgences au niveau transfrontalier et pour améliorer la formation et l'entraînement des opérateurs de protection civile en Italie et en France. Une telle plateforme web est destinée à augmenter la capacité de coopérer et de proposer des solutions partagées adaptées aux contextes différents en influençant positivement le succès de la réponse opérationnelle.

Les objectifs spécifiques sont :

- Augmenter la capacité d'affronter avec succès les urgences dans les territoires transfrontalier, en créant des mécanismes efficaces et efficaces de collaboration entre les autorités de protection civile italienne et française. Ceci comporte la définition de critères et instruments d'interopérabilité, y compris la compatibilité entre systèmes technologiques et la continuité des procès d'organisation dans le respect des procédures nationales ;
- Améliorer l'efficacité des parcours de formation et d'entraînement des opérateurs de protection civile, à travers une plateforme de réalité virtuelle apte à simuler de manière réaliste des situations d'intervention, pour gérer les urgences d'origine soit naturelle soit humaine ;

Développement et usage de nouvelles stratégies de renseignement et communication en temps réel pour la population, avec l'implication des résidents en les transformant en capteurs locaux et en sources de données, par exemple à travers les téléphones portables et les réseaux sociaux.

Les objectifs spécifiques sont :

- Augmenter la capacité d'affronter avec succès les urgences dans les territoires transfrontalier, en créant des mécanismes efficaces et efficients de collaboration entre les autorités de protection civile italienne et française. Ceci comporte la définition de critères et instruments d'interopérabilité, y compris la compatibilité entre systèmes technologiques et la continuité des procès d'organisation dans le respect des procédures nationales ;
- Améliorer l'efficacité des parcours de formation et d'entraînement des opérateurs de protection civile, à travers une plateforme de réalité virtuelle apte à simuler de manière réaliste des situations d'intervention, pour gérer les urgences d'origine soit naturelle soit humaine ;
- Développement et usage de nouvelles stratégies de renseignement et communication en temps réel pour la population, avec l'implication des résidents en les transformant en capteurs locaux et en sources de données, par exemple à travers les téléphones portables et les réseaux sociaux.

La gestion conjointe des problématiques du territoire permet en outre une analyse des besoins et des pré-requis pour la création de mesures préventives innovantes et des activités de protection coordonnées au niveau trans-national. La mise en commun de ressources et d'informations permettra de réduire au maximum la redondance des études et des projets de recherche sur les scénarios imprévus et sur les isques environnementaux auxquels sont exposés les IT sur les deux versants de la frontière, en optimisant les ressources et en permettant stratégies d'investissement plus efficaces dans les mesures de sécurité.

Les objectifs stratégiques du projet sont inclus dans les priorités identifiées par le second axe stratégique du programme ALCOTRA, (Milieu sûr - augmentation de la résilience du territoire), avec référence à la priorité d'investissement 5b (Augmenter la résilience des territoires ALCOTRA les plus exposés aux risques).

Le projet PRODIGE propose 4 actions opérationnelles visant à la réalisation de ses objectifs :

- Développer un **démonstrateur de plate-forme innovante basée sur la réalité virtuelle** pour améliorer la formation des opérateurs chargés de la gestion des crises ;
- Utiliser les nouvelles **stratégies d'information et de communication en temps réel** pour la population durant les phases d'une situation de crise, en transformant les citoyens en capteurs locaux et en sources de données à l'aide des téléphones portables et des réseaux sociaux ;
- Renforcer les moyens et les équipements à disposition de la Protection civile pour **augmenter la capacité d'intervention et de gestion des crises** ;

- Organiser des sessions de formation sur l'utilisation de la plate-forme de réalité virtuelle destinée aux opérateurs italiens et français, et promouvoir des présentations et des simulations pour **sensibiliser la population** sur le thème de la prévention des risques.

1.3. Les partenaires

PRODIGE est un projet transfrontalier qui voit l'implication de deux pays européens : l'Italie et la France. La Municipalité de Cuneo [2] joue le rôle de coordinateur et implique la protection civile locale tandis que les partenaires sont l'Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'innovazione (SiTI) [3], la Municipalité de Turin [4] avec la police locale et le Nucleo Investigativo Scientifico e Tecnologico (NIST) (Noyau d'investigations scientifiques et technologiques) et, pour la France, le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes de Haute-Provence 04 (SDIS 04) [5].

Municipalité de Cuneo

La municipalité de Cuneo est située à l'embouchure de les vallées Stura et Gesso, aux confins Sud-occidentales de la plaine Padana et est entouré sur trois côtés sur trois côtés des Alpes Maritimes et Cozie. Il occupe un territoire elle lequel étendue est de peu d'inférieur aux 120 km², des altimétriques caractéristiques et morphologiques discrètement homogènes, lié au rangement sub-plat de la zone.

Du point de vue géologique la région des plaines occupées par la ville de Cuneo est composée exclusivement de sols alluviaux liés aux apports fluviaux des torrents contreforts, qui ont fluctué en fonction des périodes glaciaires qui ont suivi dans les plus récentes périodes géologiques.

Du point de vue hydrogéologique, la caractéristique fondamentale de tous les bassins sédimentaires en plaine du territoire régional est celle d'héberger un système multicouche où la communication hydrogéologique entre les bassins adjacents advient essentiellement au niveau de la couche libre.

La présence de nombreux fleuves sur le territoire a emmené à la création d'un parc citoyen fluvial dénommé Parc Fluviale Stura et Gesso. La municipalité organise la protection civile et de la défense du sol, avec un accent particulier sur le risque hydrogéologique et la surveillance des parcs fluviaux. La Ville a développé un premier système de démonstration rivière de système de télésurveillance des parcs fluviaux afin de contenir le risque de glissement de terrain dans la région. Les politiques de protection du territoire, mises en acte de l'administration communale concernent le problème des ordures aussi, pollution atmosphérique, acoustique, eau et énergie.

Dans la conception ALCOTRA ils ont établi une expérience de travail avec le Parc des Alpes Maritime, Parc Marguareis, Parc National du Mercantour, la Ville de Sérignan du Comtat, Département de Nice, Département de Dignes. La municipalité de Cuneo a une forte expérience dans le domaine des projets européens aussi en ce qui concerne le rôle de coordination, ayant participé à la « PIT ALCOTRA » espace

transfrontalier « Mercantour maritime: la diversité naturelle et culturelle au cœur du développement durable et intégré ».

Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes de Haute-Provence 04 (SDIS 04)

Rattaché au ministère de l'intérieur, la Direction de la Sécurité Civile est la structure centrale en charge de la gestion des risques, des accidents de la vie courante ou d'incidents majeurs, en France. La Direction de la Sécurité Civile compte dans ses rangs 250 000 adhérents, civils et militaires. Elle est coordonnée par un préfet. Cette dernière s'occupe de la gestion et la coordination des urgences, agissant de concert avec les autres ministères, principalement celui de la Défense, de la Santé, de l'Environnement et des Transports pour mobiliser des experts et des matériaux spécifiques à chaque situation particulière.

Chaque département français possède donc son propre Service Départemental d'Incendie et de Secours ; les tâches propres au SDIS 04, en phase avec la loi de 2004, sont divisées entre des opérations partagées et des opérations réalisées en toute autonomie. Parmi ces premières, figurent les actions mises en œuvre avec le soutien d'autres services et d'autres professionnels dans le secteur de la prévention et de la gestion des risques, qui concernent essentiellement les secours en cas d'urgence, l'analyse et la prévention des risques technologiques ou naturels et la protection et la lutte aux autres accidents, sinistres et autres catastrophes.

SITI – Institut Supérieur sur les Systèmes Territoriaux pour l'Innovation

SITI - Institut Supérieur sur les Systèmes Territoriaux pour l'Innovation est un organisme à but non lucratif, fondé en 2002 par le Politecnico di Torino et la Compagnia di San Paolo.

SiTi conduit des recherches et de la formation, de l'innovation et de la croissance socio- économique. Ses activités de recherche se concentrent sur cinq domaines principaux: la sécurité, l'énergie, protection de l'environnement, le patrimoine culturel et de régénération urbaine, de transport et de logistique. SiTi est activement impliqué dans les projets financés par des entités publiques et privées. En tant qu'organisation non lucratif, les co-finance des projets stratégiques de l'Institut territoriale. SiTi participe également en tant que partenaire pour le cofinancement de projets de fonds européennes et internationales.

Sites en 2015 ont entrepris une coopération fructueuse avec la Ville de Turin, dans le domaine de la sécurité et de la protection civile, avec un accent sur la gestion des grands événements.

De plus, le SITI a développé une expérience significative concernant l'analyse des risques des infrastructures transfrontalières, l'analyse des interdépendances et la prévision/analyse des effets de cascade durant les crises. Il a également été impliqué dans divers projets en se focalisant sur l'analyse de l'impact et des méthodologies d'analyse du risque.

Municipalité de Torino (TORINO)

La ville de Turin, qui a une superficie de 130 km², est l'une des villes les plus importantes d'Italie. Depuis Turin du 90 a suivi un chemin qui a conduit à devenir progressivement de capital industriel (le domaine dans

lequel joue encore un rôle crucial) au pôle d'innovation, le centre de la culture et de l'amélioration de la qualité de vie.

Le développement urbain durable est l'un des thèmes clés du Plan stratégique Citoyen qui est un document dans lequel il décrit la politique et administrative menée par le Maire. Dans ce plan, le conseil municipal décrit les actions qu'elle entend poursuivre son développement dans la ville et où il est engagé, également, à promouvoir l'amélioration de la qualité de leur environnement, à augmenter la capacité d'innovation technologique et donc faire de Turin un vrai son "Smart City".

Un premier pas dans le sens de cette transformation a été effectué avec la présentation du programme Turin Action Plan for Energy (TAPE), subdivisé en 51 actions impliquant divers secteurs dont : le transport (aussi bien public que privé) ; le bâtiment ; le secteur tertiaire, bâtiments résidentiels, éclairage urbain ; l'industrie.

Turin a toujours prêté attention à l'innovation dans le domaine de la sécurité des grands événements: après l'expérience significative des Jeux olympiques d'hiver (2006), en 2015 la ville a vu trois événements majeurs se chevauchent dans la même période: Le Saint Suaire, la visite du Pape, et Turin Capitale Européenne du Sport. Les connaissances générées, avec une référence particulière à la simulation de la mécanique des zones occupées, sera le point de départ pour le développement de la plate-forme virtuelle transfrontalière prévue dans le projet PRODIGE.

2. Les principaux résultats

Ce chapitre met en évidence les résultats obtenus grâce au Projet PRODIGE : la plate-forme virtuelle transfrontalière, conçue pour la formation et l'entraînement des opérateurs de la protection civile italienne et française afin d'accroître l'efficacité de la prévention des risques et de la gestion des crises ; les scénarii pilotes qui simulent des situations critiques en Italie et en France et qui ont été développés pour mettre en relief les éléments d'excellence que la plate-forme VR permet d'intégrer ; et le module intégratif à la plate-forme pour la collecte en temps réel des données sur le territoire touché par une situation de crise.

2.1. La plate-forme PRODIGE pour la formation en réalité virtuelle des opérateurs de la protection civile et la communication des risques aux citoyens

Durant une catastrophe, l'habileté du personnel chargé de répondre à cet événement est due non seulement à une connaissance/capacité préalable mais aussi à son degré de familiarité avec le scénario auquel il doit faire face. Surtout en cas d'événements à haut impact (mais potentiellement peu probables), une réponse appropriée se base sur le fait que le personnel est à même d'accomplir les tâches qui lui ont été assignées. Les effets psychologiques de stress non prévus, dus au fait de devoir faire face à une situation (ou un environnement) auquel le personnel n'est pas familiarisé, peuvent avoir des répercussions significatives sur les prestations, conduisant ainsi à une dégradation de l'efficacité de l'intervention. Les scénarii de formation aux crises et aux catastrophes naturelles devraient incorporer des éléments réels tels que : la foule, les dommages aux infrastructures, des bruits de fond, des empêchements visuels et auditifs, etc... L'inclusion réelle dans le scénario d'entraînement de ces éléments peut être coûteuse, dangereuse et, dans certains cas, impossible. La simulation virtuelle de ces phénomènes peut, au contraire, se rapprocher des conditions réelles, tout en présentant tous les avantages d'un environnement de simulation contrôlé. Ainsi, il est possible de former le personnel à répondre à des conditions réelles particulièrement éprouvantes, améliorant ainsi sa capacité de prendre des décisions dans des conditions critiques.

Bien que des événements comme l'attentat du 11 septembre à New-York ou encore l'ouragan Katrina en Louisiane aient souligné ultérieurement l'importance de la préparation des opérateurs amenés à répondre sur le terrain à des catastrophes et calamités naturelles, les efforts vis-à-vis de l'entraînement continuent d'être essentiellement basés sur des méthodes traditionnelles : leçons en vis-à-vis en classe, formation sur le Web et exercices pratiques. Même si toutes ces formes d'entraînement sont bien consolidées et ont fait leurs preuves, les leçons en vis-à-vis et l'apprentissage via Web manquent de réalisme que seuls peuvent offrir des exercices pratiques sur le terrain. Cependant, les exercices pratiques sont souvent inconsistants à cause de l'impossibilité (pour une question de coûts et de sécurité) d'atteindre le niveau de réalisme qui serait nécessaire pour un entraînement efficace.

Un entraînement efficace est un point fondamental pour la préparation à la gestion des crises et des catastrophes naturelles. La qualité, la consistance et la fréquence d'entraînement sont des éléments indispensables à la préparation des opérateurs. Par contre, si l'importance de la formation est clairement reconnue, il existe des facteurs qui en empêchent la diffusion et qui limitent fortement la possibilité de former correctement les opérateurs de la sécurité publique : le temps nécessaire, les coûts et les limites de sécurité. Ceci est particulièrement évident dans les cas de mobilisation à grande échelle où la préparation des opérateurs peut conditionner fortement la qualité de l'intervention.

L'amélioration des technologies de la réalité virtuelle permet de représenter de façon de plus en plus réaliste les situations auxquelles l'on souhaite former le personnel, devenant ainsi une forme de formation innovante et complémentaire par rapport à celle conventionnelle. Les environnements simulés dans la réalité virtuelle peuvent donc offrir toutes les caractéristiques des techniques de formation traditionnelles, tout en réduisant les coûts et les délais de développement des exercices pratiques.

Notamment, la nature participative et immersive de la formation virtuelle peut offrir un réalisme absent dans les systèmes de formation en classe ou via Web traditionnels. De plus, le développement technologique a permis de réduire les coûts pour l'organisation d'exercices à grande échelle, augmentant ainsi la diffusion des systèmes de formation virtuels. De nombreux organismes du gouvernement, tout comme les instituts d'enseignement, sont en train d'explorer les avantages (et les inconvénients) des systèmes basés sur les technologies de la réalité virtuelle qui peuvent former et préparer les opérateurs de la sécurité publique aux interventions.

L'avènement des technologies de la réalité virtuelle peut donc combler les lacunes présentes dans les méthodes de formation traditionnelles, se posant ainsi comme une forme d'entraînement complémentaire.

2.1.1. L'état actuel

Durant la dernière décennie, les technologies de la réalité virtuelle ont été reconnues comme un instrument potentiellement utile et comme une alternative valide aux exercices pratiques pour l'entraînement du personnel de la sécurité publique, en phase avec les objectifs du projet PRODIGE.

Les technologies virtuelles alliées aux stratégies de gaming ont été utilisées pour la formation des opérateurs dans des scénarii de crise, comme par exemple, en cas d'incendie (Kurenov et al.). Vichitvejpaisal et al. proposent eux aussi un système de formation basé sur des scénarii d'extinction d'incendies, en simulant ce que voient les sapeurs-pompeurs en personne. Le feu et la fumée sont réalisés par le biais de systèmes particuliers et chaque objet dans l'environnement est caractérisé par une capacité de résistance aux flammes, comme cela arrive dans la réalité [6].

Un projet digne d'être cité est l'Advanced Disaster Management Simulator (ADMS), un logiciel modulaire qui offre la possibilité de simuler de façon réaliste, à travers des environnements virtuels, la gestion de catastrophes pour que les opérateurs acquièrent confiance en soi, une expérience pratique et des capacités de décision afin de pouvoir intervenir efficacement en cas d'événements réels. Ce logiciel, développé par Environmental Tectonics Corporation pour la ville de New-York, a comme caractéristiques fondamentales le multiplayer (il est possible de faire face aux scénarii individuellement ou en équipe) et le moteur de simulation physique intégré par des algorithmes d'intelligence artificielle [7]. Zhi-hui Li et al. ont mené une étude sur le logiciel ADMS et, à ce propos, écrivent : « Les scénarii liés aux incendies qui se déclarent dans des citernes de combustible fournissent des stimuli visuels, auditifs et sensoriels, lesquels permettent aux personnes formées de donner des ordres corrects pour affronter l'évolution de l'incendie. Le personnel formé est également responsable du déploiement des équipes de secours et du contrôle de la vitesse de propagation de l'incendie » [8]. D'autres points forts du logiciel sont la dynamique du scénario sur la base des actions accomplies durant la simulation (grâce à la concaténation de situations, de décisions et d'actions) et l'extrême réalisme lié aux événements.

Un autre exemple intéressant est donné par le Mining Project - Virtual Reality to Train and Assess Emergency Responders [9], développé à Pittsburg auprès du Virtual Immersion and Simulation Laboratory (VISLab). Ce projet avait comme objectif la détermination de l'usage optimal des technologies de la réalité virtuelle afin d'entraîner et d'évaluer le personnel qui doit intervenir en cas d'urgence dans une mine (comme, notamment, les équipes de secours, les sapeurs-pompiers, les mineurs et les responsables).

Les militaires aussi ont recours depuis longtemps aux technologies de la réalité virtuelle pour l'entraînement des troupes, aussi dans le cadre de la maintenance des véhicules ; notamment, le projet Military Aircraft Maintainers [10] a été développé pour des technologies de VR immersives (head-mounted display) procurant plus de réalisme aux scénarii, garantissant, en conséquence, une forte implication et un entraînement de meilleure qualité par rapport aux serious game traditionnels sur écran.

L'entraînement basé sur les technologies de la réalité virtuelle pour la simulation d'événements catastrophiques peut aussi être dimensionné en fonction de l'usage spécifique et de l'organisation qui décide d'adopter la réalité virtuelle pour la formation. Par exemple, les scénarii virtuels peuvent être développés pour fournir à l'utilisateur des **retours instantanés** aux inputs reçus et peuvent permettre de **vérifier l'efficacité d'un plan d'urgence**, en en identifiant ainsi les lacunes et les aspects qui doivent être améliorés.

Un côté particulièrement positif des systèmes de formation virtuels est de permettre et de **faciliter l'entraînement collaboratif du personnel distribué géographiquement** ; par exemple, la simulation virtuelle

peut fournir une plate-forme de formation consistante et synchronisée en cas de catastrophes naturelles comme les tremblements de terre et ouragans qui exigent une réponse géographiquement distribuée.

Les méthodes traditionnelles d'enseignement (comme les présentations par le biais de diapos) peuvent être facilement incluses aux systèmes de simulation virtuelle, en les rendant ainsi accessibles sous une forme inédite. Alors que les avantages qu'un système de simulation virtuel peut apporter à l'utilisateur en termes de stimuli visuels sont évidents, il est important de souligner aussi l'avantage en termes de stimuli acoustiques qui peuvent être introduits dans les environnements virtuels.

Par rapport à un entraînement traditionnel, les systèmes de formation basés sur la réalité virtuelle présentent donc toute une série d'avantages. Du point de vue environnemental, il permet de présenter des scénarii de vie réalistes qui incorporent d'autres utilisateurs ; de plus, il permet de gérer les inputs de l'utilisateur pour fournir des retours en temps réel. En foisonnant les environnements simulés d'avatars (représentation des utilisateurs dans le monde virtuel), il permet de fournir à la personne formée des retours immédiats ; par exemple, dans le cas de l'assistance médicale, dans un scénario START (Simple Triage And Rapid Treatment), en programmant opportunément les avatars qui représentent les patients, il est possible de fournir à l'opérateur l'indication d'une assistance médicale correcte ou non. Les modules comportementaux peuvent être assignés à divers avatars pour gérer les décisions prises par le personnel suivant la formation.

Les systèmes de réalité virtuelle permettent, qui plus est, de **régler le niveau de difficulté** en fonction du degré de préparation de la personne formée. Durant l'entraînement, il est possible d'interagir aussi bien avec des objets qui composent l'environnement virtuel qu'avec d'autres participants à l'entraînement ; l'interaction entre les participants (réels et virtuels) peut se produire à travers une communication écrite et/ou vocale, en permettant, aussi, de simuler différents scénarii culturels et socio-économiques.

La simulation virtuelle peut être bloquée (mise en pause) en permettant aux formateurs de discuter avec la personne formée sur la façon de mieux répondre aux événements inattendus. Si besoin est, **l'exercice peut être répété et des variations**, contrôlées par le formateur, peuvent être introduites. Des caractéristiques environnementales peuvent être facilement incorporées : bâtiments, végétation, êtres humains et sons ne sont quelques-uns des éléments qui peuvent être ajoutés. Il est possible de créer, par exemple, des scénarii virtuels qui forment sur la création de zones de sécurité à l'intérieur d'espaces urbains à haute densité en substitution d'exercices pratiques à grande échelle qui requièrent souvent trop de temps et trop d'argent.

Ces derniers aspects figurent parmi les plus grands avantages des systèmes de formation virtuels : les exercices pratiques peuvent demander des coûts qui sont hors de la portée de la plupart des collectivités. La réalité virtuelle offre une alternative valide en incorporant un réalisme approprié à une **fraction des coûts** qu'auraient les exercices pratiques. De plus, la **flexibilité** du scénario virtuel permet de simuler des conditions différentes, permettant ainsi d'évaluer les résultats possibles face à différentes conditions de simulation.

Enfin, la nature numérique des simulations virtuelles peut permettre d'**archiver les données** en vue d'une étude ou d'une analyse successive. Ceci peut constituer une valeur ajoutée ultérieure en cas de gestion des

crises en ce qu'il permet de mieux comprendre les phénomènes comportementaux et donc de préparer des procédures de formation améliorées.

Même si la réalité virtuelle a montré être une alternative valide aux formes d'entraînement à la gestion des crises conventionnelles, les défis restant à relever sont encore nombreux.

En premier lieu, il faut considérer la **faible familiarisation avec les technologies** de la réalité virtuelle de la part des opérateurs : ceci pourrait empêcher l'adoption de systèmes de réalité virtuelle. Le personnel pourrait avoir besoin d'une formation sur l'utilisation des technologies. De plus, la diffusion des technologies VR sur les plates-formes de gaming pourrait amener certaines personnes à les considérer comme **moins crédibles** et, pour cela, moins utiles à des fins d'applications professionnelles tel que l'entraînement.

Même si le coût des systèmes de simulation basés sur les technologies de la réalité virtuelle correspond à une fraction de celui des exercices pratiques, l'investissement initial pour la modélisation des scénarii et la programmation des logiques de simulation (présentant le réalisme voulu) peut décourager les collectivités de procéder à cet investissement même.

Malgré les derniers côtés négatifs susmentionnés, nous avons vu que les avantages de la réalité virtuelle sont largement supérieurs. Il est important de rappeler que cette dernière doit être vue comme un **instrument complémentaire** aux méthodes d'entraînement traditionnelles et non comme un substitut.

Ci-après, nous avons analysé les technologies VR (réalité virtuelle) et AR (réalité augmentée), utiles à la réalisation des scénarii et des démonstrateurs objet du projet. Et notamment, nous avons pris en considération les solutions aussi bien informatiques que logicielles pour la gestion du mouvement (par exemple, par le biais de plates-formes omnidirectionnelles, statiques ou dynamiques, ou bien d'algorithmes pour la locomotion artificielle) comme les casques, les systèmes pour le pistage du corps/de la main (montés sur des combinaisons, des gants, des caméras, etc...) et des dispositifs d'interaction en tout genre.

Locomotion

La locomotion dans des environnements de réalité virtuelle immersive est l'un des problèmes les plus complexes actuellement affrontés par les chercheurs du monde entier, aussi bien universitaire qu'industriel. Les problèmes naissent du fait que l'utilisateur peut devoir se déplacer dans un espace virtuel, voire relativement étendu, tout en se trouvant physiquement dans un espace aux dimensions réduites.

Le mouvement dans l'espace physique à disposition (par exemple, une pièce) et l'espace même sont généralement appelés *room scale*. Dans certains cas, l'environnement virtuel peut correspondre à celui réel. Par exemple, dans le jeu *The Thrill of the Fight - VR Boxing* [11], l'environnement de jeu correspond à un ring : dans *Chair in a Room*, le jeu se déroule dans des environnements ayant la dimension d'une pièce [12] ; dans *Gnome and Goblins* [13], la *room scale* peut arriver à mesurer 7 mètres (de côté). En général, pour une expérience appropriée, il est conseillé de disposer d'au moins 3 mètres.

Cependant, il existe des situations où les dimensions du monde virtuel sont significativement supérieures à celles du monde réel. Pour gérer ces situations, il a été nécessaire d'élaborer des solutions capables de permettre à l'utilisateur de se déplacer dans l'environnement en effectuant un minimum de mouvement, voire en évitant complètement de bouger. Les solutions proposées vont dans deux principales directions : un usage efficace du système informatique disponible (essentiellement un casque avec les éventuels capteurs et commandes) en plus de la room space, à travers des mécanismes logiciels appropriés ou bien l'introduction d'un nouveau système informatique. Vu l'intérêt croissant vis-à-vis de la réalité virtuelle immersive, les activités axées sur la réalisation de nouvelles solutions pour permettre aux utilisateurs de se déplacer physiquement dans l'environnement virtuel se sont multipliées ces derniers mois. Et notamment, est en cours de réalisation (et, dans certains cas, déjà commercialisé, du moins officiellement) du matériel informatique étudié pour permettre à l'utilisateur de marcher plus ou moins librement dans toutes les directions, tout en restant sur place. Ces dispositifs ressemblent à des (et, dans certains cas, dérivent des communes) plates-formes pour le sport (autrement dit à des tapis de sport). Contrairement au tapis de sport ordinaire suscité qui, dans la quasi-totalité des cas, est étudié pour effectuer des mouvements linéaires, ces solutions permettent à l'utilisateur de bouger à 360° (il s'agit alors de « tapis omnidirectionnel »).

Ci-après, l'analyse détaillée des deux options susmentionnées, soit, respectivement, dans le Tableau 1 les solutions logicielles et, dans le Tableau 2, les solutions informatiques.

Méthode	Description	Exemples
Locomotion artificielle	L'idée est de lier le mouvement, par exemple, à la pression d'une touche ou à l'actionnement d'une manette de la télécommande. Le problème principal de cette technique dépend du fait que, alors que le monde virtuel bouge, les jambes restent immobiles, et l'utilisateur perd la perception de sensation liées à la friction, à l'accélération, etc... Le cerveau reçoit alors des stimuli contrastants, qui se traduisent par un effet de mal-être (nausée) connu comme le mal de mer.	Par exemple, dans les premières phases du jeu de Hit Plunder [14], il est demandé à l'utilisateur d'évaluer le système de locomotion par défaut et, s'il est jugé inapproprié, il lui est demandé de changer (de réduire) la fréquence d'actualisation de l'image (en faveur d'une modalité appelée <i>Blink mode</i> qui correspond à l'ouverture et à la fermeture des paupières). L'effet net est un mouvement avec des pas légers (sauts en avant) dans le monde virtuel. Une autre façon de réduire cet effet est connue sous le nom de <i>tunnelling</i> [15], une technique dans laquelle seule une partie du mouvement dans l'espace virtuel est montrée à l'utilisateur. Et notamment, cela se traduit par le fait que le mouvement est reproduit dans la région au centre du champ visuel (environ 1/6 de la zone disponible). Le reste du champ visuel reste quant à lui ancré à la position de départ, avant de ne changer

Méthode	Description	Exemples
	<p>qu'au moment où l'utilisateur atteint le point voulu et qu'il s'arrête (ou qu'il appuie sur une touche).</p>	
Télétransportation	<p>Il s'agit d'une approche utilisée pendant longtemps afin de permettre à l'utilisateur de se mouvoir dans un monde virtuel (et, aujourd'hui, est encore une norme), en évitant ou, du moins, en limitant de beaucoup l'effet de mal de mer. L'idée est d'identifier la zone/point dans le monde virtuel en l'indiquant, par exemple, avec la télécommande. Une fois le point sélectionné, il faut appuyer sur une touche pour se retrouver directement à l'endroit voulu.</p> <p>La télétransportation est une technique généralement considérée efficace pour les grands environnements, cependant, elle ne permet pas une expérience d'exploration complète.</p>	<p>La sélection est mise en évidence avec quelques effets visuels. Le jeu Budget Cats [16] utilise un instrument virtuel qui fait apparaître, au point indiqué, une bulle (une sorte de « portail ») par le biais de laquelle explorer les alentours du point voulu avant de s'y déplacer si jugé nécessaire. Des solutions similaires ont été adoptées dans d'autres jeux, comme dans The Lab [17], Raw Data [18], etc.</p>
Locomotion artificielle et capteurs	<p>Prévoit le déplacement à travers l'exécution de mouvements avec les capteurs et a pour objectif de réduire l'effet de mal de mer. L'idée est d'exploiter, de façon plus efficace, la ou les télécommandes généralement disponibles dans les environnements de réalité virtuelle immersifs habituels.</p>	<p>L'un des premiers produits à avoir mis en place une solution logicielle de locomotion artificielle capable de permettre le mouvement continu sans entraîner, après d'innombrables révisions, un effet de mal de mer est Onward [19]. En effet, dans ce jeu, l'utilisateur se déplace dans l'environnement virtuel en utilisant la télécommande de droite et en la dirigeant dans la direction où il souhaite aller (désaccouplant ainsi efficacement la direction du mouvement de celle de la vue). En déplaçant la manette en avant/arrière, l'utilisateur commence à avancer (en avant/arrière). En</p>

Méthode	Description	Exemples
		<p>la déplaçant vers la gauche/droite, il se déplace vers la gauche/droite (ce qui correspond à un pas vers la gauche/droite). En maintenant la pression sur la manette, il va plus vite (peu perceptible/utilisée, en général, le mouvement est plutôt lent). Le cerveau semble apprendre assez vite l'existence d'une relation (introduite artificiellement dans le jeu) entre l'angle de la main (du poignet) et la direction du mouvement (cette notion est très proche de ce qui se produit lorsque nous actionnons le curseur de la souris).</p>
<p>Locomotion artificielle et room scale</p>	<p>Une approche alternative (même si, en partie, complémentaire, vu l'usage de la télécommande, etc...) consiste à mieux exploiter l'espace à disposition dans l'environnement virtuel (la locomotion est souvent appelée « non euclidienne »).</p> <p>Avec cette technique, l'utilisateur a l'impression de se mouvoir dans des espaces, voire même très étendus (il peut, par exemple, explorer un édifice entier, en s'y déplaçant d'une pièce à l'autre en empruntant les couloirs), en bougeant, cependant, sur un parcours fermé (cyclique) à l'intérieur de l'environnement réel.</p>	<p>Dans la démo d'Hallway [20] l'espace à disposition est exploité d'une autre manière : l'utilisateur se déplace dans un long (et infini) couloir virtuel qui tourne lentement sur lui-même à chacun de ses pas. Il conduit l'utilisateur à compenser le mouvement en tournant dans l'autre direction, en suivant un parcours circulaire dans l'environnement réel et sans jamais en atteindre les limites. Il s'agit d'une technique de locomotion qui demande de développer l'environnement virtuel et la logique de jeu/interaction autour de la technique même.</p>
<p>Changement de champ visuel et stimuli sensoriels</p>	<p>Une technique alternative pour limiter le phénomène de mal de mer consiste à remplacer le champ visuel perçu en personne par un champ visuel du type, par exemple, God's view. Dans</p>	<p>La position de la caméra peut changer, comme dans les jeux tels que Lucky's Tale [21], Adventure Time [22], Mithos of the Worlds Axis [23], etc.</p> <p>Puis, il existe des techniques qui reposent sur l'envoi d'autres stimuli au cerveau de l'homme afin de</p>

Méthode	Description	Exemples
	ce cas, l'utilisateur voit le monde virtuel comme une sorte de diorama dans lequel se trouve son avatar.	l'induire, de façon contrôlée, à éprouver les sensations typiques du mouvement. Par exemple, dans la solution appelée Entrim 4D, c'est le son [24] qui est utilisé.

Tableau 1: Solutions logicielles

Nom	Image	Base	Capteurs	Mouvements	Compatibilité	Chaussures
Omni (Virtuix)		Concave	À monter sur les jambes	Marcher en avant et arrière, courir, s'asseoir	SDK pour Unity3D et Unreal Engine	Demande des chaussures spéciales
Virtualizer (Cyberith)		Plate	Dans la plate-forme, ils détectent le mouvement et la vitesse des pieds ainsi que la grandeur de l'utilisateur	Marcher en avant et arrière, courir, s'accroupir, s'asseoir et sauter	SDK pour C++ et C#, plug-in pour Unity3D et Unreal Engine	Demande des surchaussures
Kat Walk (Kat VR)		Concave	-	Extrême liberté de mouvement, système de soutien de l'utilisateur	-	Demande des chaussures spéciales

Nom	Image	Base	Capteurs	Mouvements	Compatibilité	Chaussures
ROVR (WizDish)		Concave	Dans la base	Marcher, courir et monter les marches	Unity3D et Unreal Engine par le biais d'une application écoutée par le biais du port audio sur le PC	Demande des chaussures spéciales ou des surchaussures
Vue VR Treadmill (Vue Technologies)		Concave	-	-	-	Demande des chaussures spéciales
Infinadeck Treadmill (Infinadeck)		Plate	-	Marcher en avant et en arrière, courir (vitesse maxi 9,6 km/h)	-	Ne demande pas de chaussures spéciales
Omnideck (Omnifinity)		Plate, moteurs	Système de pistage externe	Extrême liberté de mouvement, possibilité de s'allonger, course à 8 km/h	HTV Vive et Unity3D	Ne demande pas de chaussures spéciales

Nom	Image	Base	Capteurs	Mouvements	Compatibilité	Chaussures
SW3000 (SpaceWalkerVR)		Plate, moteurs	Dans la plate-forme	Marcher et courir	Oculus Rift, HTC Vive, Gear et Google Cardboard	Ne demande pas de chaussures spéciales

Tableau 2: Solutions informatiques

Les nombreuses solutions logicielles disponibles laissent penser qu'il n'existe pas de technique capable d'être considérée, dans chaque situation, supérieure aux autres. C'est uniquement sur la base d'une analyse détaillée du scénario dans lequel elle devra être déployée qu'il sera possible de considérer une technique comme meilleure qu'une autre.

Par contre, en ce qui concerne l'approche basée sur l'emploi de plates-formes omnidirectionnelles, nous signalons comment, malgré le grand nombre de solutions proposées jusqu'à maintenant, rares sont celles qui peuvent être réellement achetées dans le commerce.

Casques

Ces dernières années, le nombre de casques pour la réalité virtuelle et la réalité augmentée disponibles ou annoncés a augmenté démesurément et de plus en plus nombreuses sont les entreprises qui cherchent à conquérir un segment de marché avec leurs propres produits.

Le Tableau 3 qui suit présente les principales solutions commercialisées ou bientôt en vente, sans distinction, au moins au premier abord, entre celles pour la réalité virtuelle et celles pour la réalité augmentée. Ce choix est motivé par le fait que, avec les justes considérations, dans certains cas et pour certaines applications, les solutions d'un type donné peuvent être transformées (adaptées ou intégrées) en d'autres.

Nom	Image	VR/AR	HW	Capteurs intégrés	Compatibilité
HTC Vive		VR	PC	Accéléromètre, gyroscope, caméra frontale	Vive SDK, Unity3D, Unreal Engine, SteamVR

Nom	Image	VR/AR	HW	Capteurs intégrés	Compatibilité
Oculus Rift		VR	PC	Accéléromètre, gyroscope, magnétomètre, IR	Oculus SDK, Unity3D, Unreal Engine
Playstation VR		VR	PS4	Accéléromètre, gyroscope, magnétomètre	Environnement de développement PS4
Cardboard		VR	Smartphone	Sur la base du produit considéré	Google VR SDK, Unity3D, Unreal Engine, etc...
Gear VR		VR	Samsung Note 5, S6, S7	Accéléromètre, gyroscope, magnétomètre, capteur de proximité	Oculus mobile SDK, Unity3D, Unreal Engine
OSVR		VR	PC	Accéléromètre, gyroscope, magnétomètre, caméra IR pour le pistage de la position	Open source, Unity3D, Unreal Engine, SteamVR, etc...
FOVE		VR	PC	Capteurs inertiels, caméra IR pour le pistage de la position, caméras pour le pistage des yeux à 120 Hz	SDK, Unity3D, Unreal Engine, SteamVR
STARVR		VR	PC	Capteurs inertiels et pistage optique à très haute précision	

Nom	Image	VR/AR	HW	Capteurs intégrés	Compatibilité
Claire 22M		VR	PC	Capteurs inertiels (12M)	API disponibles
Sulon Q		VR+AR	Aucun autre matériel nécessaire	Accéléromètre, gyroscope, magnétomètre, mappage de l'environnement pour le pistage de la position	API Vulkan 12, DirectX 12 et LiquidVR13 d'AMD
Bridge		VR+AR	iPhone	Capteurs inertiels, capteur de profondeur et mappage de l'environnement pour le pistage de la position	Unity3D
Hololens		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Capteurs inertiels, 4 caméras pour le mappage de l'environnement, capteurs pour la réalité mixte, 4 micros et capteur de lumière ambiante	Windows 10, Unity3D,
Moverio BT-300		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Capteurs inertiels, caméra 5 MP, AGPS, capteur de lumière ambiante	Android

Nom	Image	VR/AR	HW	Capteurs intégrés	Compatibilité
Meta 2		AR	PC	Capteurs inertiels, caméra 720 P, mappage de l'environnement pour le pistage de la position, interaction avec les mains	Unity3D (Windows, bientôt version pour Mac)
Vusix AR3000		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Deux caméras HD, une pour le pistage de la main	PC, smartphone et tablette
Vusix M100		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Capteurs inertiels pour la reconnaissance des gestes, caméra 5 MP	SDK, Android, iOS (Unity3D)
Recon Jet		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Capteurs inertiels, GPS, temp., pression, IR	Intel SDK (Windows, Mac)
ORA-2		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Capteurs inertiels, caméra 5 MP, capteur de lumière ambiante	Android
SmartEyeglass		AR	Aucun autre matériel nécessaire	Capteurs inertiels, caméra 3 MP, lumière ambiante	Sony SDK

Tableau 3: Casques VR et AR

Gants et pistage de la main

L'une des composantes essentielles d'une solution de réalité virtuelle et augmentée est représentée par l'interaction gestuelle. Le Tableau 4 reporte les principales solutions portables vendues dans le commerce ou encore en phase de développement, étudiées pour gérer l'interaction de l'utilisateur à travers les mains. Ne sont pas considérées comme solutions celles qui prévoient l'instrumentation de l'environnement de travail (ex. Microsoft Kinect, VicoVR Controller, etc.).

Nom	Image	Capteurs	Connectivité	Compatibilité	Autre
Manus VR		Deux capteurs par doigt, capteur supplémentaire pour les rotations du pouce	Wi-fi à basse latence (< 5 ms)	Compatible avec Vive, Samsung Gear, Unity3D, Unreal Engine, Windows, Android.	Pistage du bras, retour haptique (moteur), lavables, autonomie batterie de 8 heures
Gloveone		Capteurs inertiels pour l'orientation de la main, un capteur par doigt pour le pistage des doigts	Bluetooth (basse latence), USB (très basse latence)	HTC Vive, Oculus Rift, Gear VR, OSVR	Retour haptique (10 moteurs) pour une expérience virtuelle la plus proche possible de la réalité

Nom	Image	Capteurs	Connectivité	Compatibilité	Autre
VGM Lite		Capteurs inertiels pour le pistage de la main, 5 capteurs (bandes) - un par doigt	Bluetooth	SDK, bibliothèques C++, API pour V	Autonomie batterie de 4 heures
VGM 30 (Plus)		2 capteurs par doigt, 4 capteurs d'abduction, 1 capteur sur la paume, 1 capteur sur le pouce, 5 capteurs de pression, capteurs inertiels pour le pistage de la main	Wi-fi	SDK, bibliothèques C++, API pour VRML/Cosmo. Plug-in pour Unity3D et Unreal Engine.	Dans la version avec retour haptique (un moteur par doigt), autonomie batterie de 4 heures
Hi5 Glove		Pistage complet de la main par capteurs inertiels. Pistage absolu si utilisé associé à Vive Tracker.		Bibliothèques C++, compatible Unity3D et Unreal Engine.	
Hands Omni					Retour haptique (système de chambres à air)

Nom	Image	Capteurs	Connectivité	Compatibilité	Autre
Dexmo		Exosquelette, 11 degrés de liberté enregistrés		SDK, compatible Oculus Rift, HTC Vive, Hololens	Meilleure robustesse et réalisme par rapport aux solutions basées sur capteurs inertiels et moteurs vibrotactiles
Data Glove Ultra		1 ou 2 capteurs (bandes) par doigt	USB, Bluetooth en option	SDK pour Windows (C++ et C#), Linux (C++) et Mac, plug-in pour Autodesk MotionBuilder et 3D Max Studio 6	Autonomie batterie de: 8 heures
Cyberglove		Versions à 18 et 22 capteurs (2 bandes par doigt, nombre variable de capteurs d'abduction, capteurs sur le pouce, sur la paume et sur le poignet)	Le Cyberglove II utilise un dongle USB-Wi-fi 2,4 Ghz, Cyberglove III 802.11g	Windows 2000 et XP	Résolution < 1 degré, autonomie batterie de 2-3 heures
Leap Motion		Caméras IR	USB (vers PC ou vers casque HTC Vive / Oculus)	Unity3D et Unreal Engine, SDK pour	Kit de montage pour casques pour la réalité virtuelle, latence

Nom	Image	Capteurs	Connectivité	Compatibilité	Autre
			Rift)	applications d'ordinateur de bureau	proche de zéro, volume de pistage 180°x180°
Unlimited Hand		Capteurs inertiels, capteurs EMG et pistage des doigts	Bluetooth	Windows, Mac, Arduino	Retour haptique basé sur des électrostimulateurs musculaires
MYO		Capteurs EMG et inertiels	Bluetooth	SDK pour Windows, Mac, iOS, Android	Gestes reconnus : déplacement dans la main, poing, main ouverte, main fermée, poignet vers la gauche, poignet vers la droite, rotation, retour haptique, autonomie batterie d'une journée

Tableau 4: Gants et pistage de la main

Combinaisons et pistage du corps

Bien que les mains représentent de plus en plus un instrument d'interaction considéré de prime importance par les développeurs de solutions pour la réalité augmentée, il existe déjà dans le commerce certaines solutions qui permettent de gérer l'interaction à travers le corps tout entier. Le Tableau 5 qui suit reporte certaines des solutions portables vendues dans le commerce ou encore en phase de développement, capables de gérer l'interaction utilisateur à travers le corps.

Nom	Image	Capteurs	Connectivité	Compatibilité	Autre
Perception Neuron		Kit de 18 ou 32 « Neuron » (capteurs inertiels avec 9 degrés de liberté)	Wi-fi ou USB	SDK, API C/C++, compatibilité Unity3D et Unreal Engine	Streaming BVH, informations à 60 ou 90 Hz, < 1 ou 2 degrés
Tesla Suit		Capteurs inertiels	Bluetooth	SDK prévus pour Windows, Linux, Android, iOS	Électrodes pour la stimulation
MVN Awinda		Jusqu'à 17 capteurs inertiels sans fil à 60 Hz	Connexion sans fil	MVN Studio et MVN Studio Pro, plug-in pour Autodesk MotionBuilder, Maya, Unity3D et Unreal Engine	17 batteries, latence de 30 ms, autonomie batteries de 6 heures, bandes Velcro pour le montage des capteurs et du sac à dos
MVN Link		17 capteurs inertiels sans fil à 240 Hz	Cordon	MVN Studio et MVN Studio Pro, plug-in pour Autodesk MotionBuilder, Maya, Unity3D et Unreal Engine	1 batterie, latence de 20 ms, autonomie batterie de 9,5 heures, combinaison en lycra

Tableau 5: Combinaisons et pistage du corps

Logiciels

Le marché propose diverses typologies de logiciels qui permettent la réalisation de serious game. L'un des plus avancés est celui développé par la société française CRISE, qui est déjà utilisé dans le cadre de la formation des opérateurs de la sécurité civile.

Ci-après, l'analyse détaillée du logiciel EVE© (Enhanced Virtual Environment), un simulateur d'environnement opérationnel modulaire et mobile, basé sur la réalité virtuelle.

Les modules de la suite EVE © sont les suivants :



Figure 2: Modules de la suite EVE©

Parmi les différents plug-in, soulignons les modules VULCAIN, NRBCE et SICSUR.

Le premier est un simulateur tactique conçu pour la formation nationale des sapeurs-pompiers à la gestion des instruments capables de lutter contre les incendies de forêt.

VULCAIN permet de reproduire en temps réel les incendies qui affectent des milliers d'hectares et les dispositifs de lutte aérienne et terrestre.



Figure 3: Scénario avec plug-in VULCAIN

Le deuxième module NRBCE (nucléaire, radiologique, biologique et chimique/explosif) sert à former les conseillers techniques et les chefs de cellules mobiles d'intervention en ce qui concerne les actions de formation ayant trait aux risques chimiques et bactériologiques et aux menaces s'y rattachant.



Figure 4: Scénarii avec plug-in NRBCE

Le dernier module SICSUR, est dédié à la formation et à la formation continue de la préparation de la chaîne de commande qui gère les opérations, du chef de groupe au chef des secours. SICSUR est composé d'un

nombre de postes (de 2 à plus de 10) pour les utilisateurs, ainsi que d'emplacements prévus pour les formateurs, tous connectés en réseau.



Figure 5: Scénario avec plug-in SICSUR

Les environnements en réalité virtuelle sont reproduits avec un haut niveau de fidélité, garantissant une expérience d'intervention similaire à la réalité, obtenue aussi grâce à l'utilisation d'informations cartographiques des SDIS (ville de Marseille, région parisienne, secteur des Bouches-du-Rhône...).

En ce qui concerne l'aspect mobile de la plate-forme EVE© acquise par le SDIS 04, il s'agit d'une plate-forme de simulation installée sur un groupe de 5 PC portables et 2 tablettes. Les dispositifs sont faciles à transporter dans des valises pouvant contenir tous les accessoires et la documentation pédagogique. Ainsi, l'instrument de formation est utilisable directement auprès du centre de secours spécifique.

L'objectif principal du logiciel EVE© est de proposer un support dynamique de formation au personnel chargé de la gestion des opérations de secours, ayant des caractéristiques les plus proches possibles de la réalité, commandable par les organisations spécifiques, afin de faire face efficacement à une situation de crise.



Figure 6: Plate-forme EVE© acquise par SDIS 04

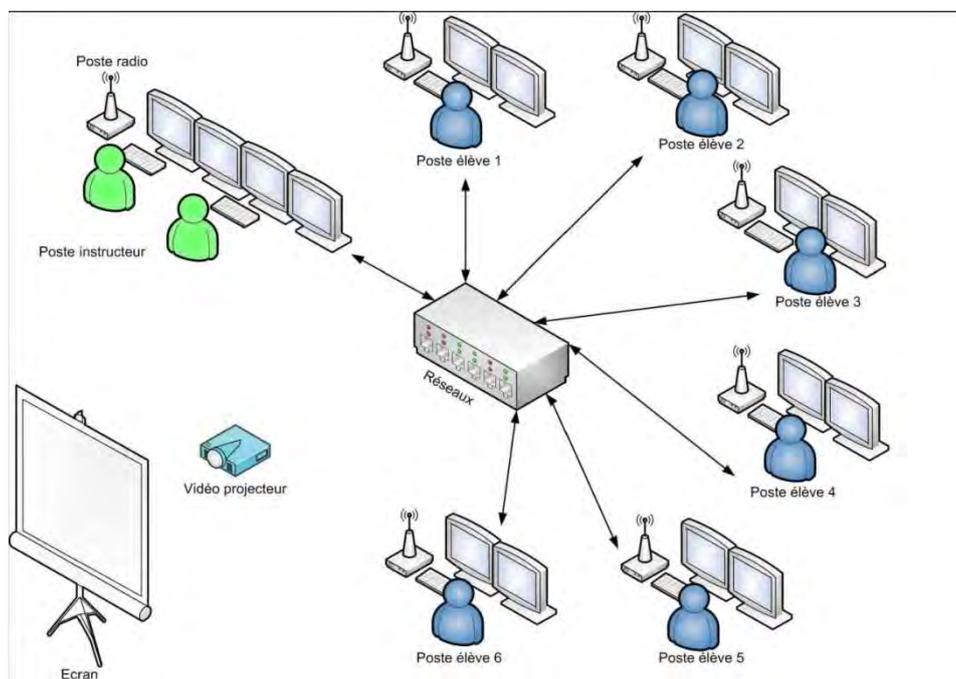


Figure 7: Schéma des principaux fonctionnements des logiques d'EVE©

Le logiciel utilise une logique maître/esclave, capable de recréer virtuellement, à travers un affichage numérique en 3D en temps réel, les conditions environnementales et opérationnelles d'une intervention d'urgence.

Le logiciel EVE© s'insère à l'intérieur d'une logique d'amélioration continue pour la formation du personnel. Les simulations réalisées à travers la logique d'EVE© peuvent comprendre de 2 à plusieurs dizaines d'utilisateurs en fonction du nombre de postes disponibles.

La philosophie adoptée est celle de la réalité virtuelle multiplayer, qui consiste à connecter entre eux les élèves et à permettre une interaction en temps réel dans un scénario virtuel commun et partagé, soit dans

une reconstruction en 3D réalisée par le formateur, lequel est en mesure de modifier le système suite aux diverses actions mises en place.

Le simulateur reproduit la carte géographique, temporelle, phénoménologique et opérationnelle de la crise. Au sein de cet environnement, les élèves sont invités à exercer des actions de commande, d'organisation et de gestion des opérations d'urgence, en tenant compte des divers niveaux de responsabilité et de difficulté. Pour assurer cet objectif au niveau technique, les postes sont connectés entre eux en réseau.

Le poste du formateur peut disposer d'1 à plusieurs écrans selon les options. Des hauts-parleurs, claviers, souris et joysticks viennent compléter l'équipement.

Le poste dispose d'une logique d'affichage et de contrôle qui permet de contrôler et de maîtriser tous les aspects de la simulation, de la création du scénario jusqu'à la phase de débriefing.

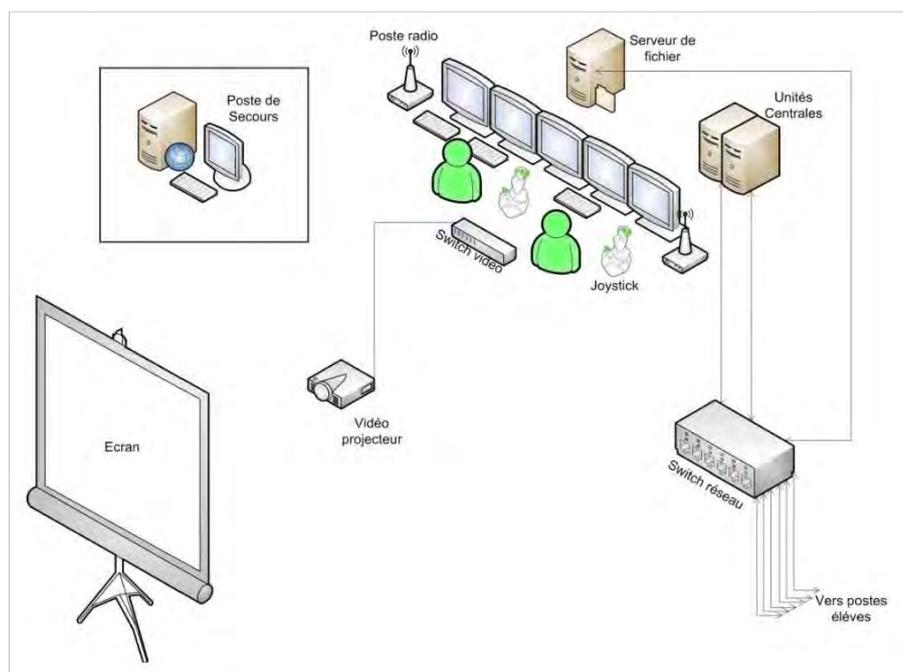


Figure 8: Schématisation poste formateur

EVE© dispose d'une puissante capacité de création de scénarii en 3D. Ces fonctionnalités sont déployées sur le poste du formateur durant la phase de préparation de l'exercice même et durant la phase d'action, mais dans ce cas, de façon limitée.

La phase de modification permet au formateur de :

- Créer et personnaliser des environnements 3D ;
- Concevoir des scénarii opérationnels ;
- Archiver et enregistrer aussi bien les environnements que les scénarii créés précédemment.

Le processus de création des scénarii est ensuite facilité par le processus de capitalisation qui permet à l'utilisateur final, durant toutes les phases de création, d'économiser sur les éléments qui sont réutilisables et d'enrichir la bibliothèque d'objets en 3D.

Durant la phase d'exercice, l'animation du scénario virtuel est basée sur l'insertion dynamique d'objets en 3D à l'intérieur de l'environnement et sur la configuration et le contrôle de ces éléments (évolution de l'événement, victimes, moyens, etc...), en apportant des modifications dynamiques en fonction des choix décisionnels pris par les élèves et/ou des objectifs didactiques fixés.

Le formateur peut ainsi aisément, et en avance, créer et effectuer des animations ainsi que faire évoluer le scénario de la façon la plus réaliste qui soit, puis d'enregistrer tous les développements dans un fichier. L'exercice pourra donc être réalisé à l'occasion des diverses simulations annuelles.

Comme pour n'importe quelle activité de développement, la création de scénarii peut reposer sur un mécanisme de retours qui permet d'améliorer certains aspects incomplets.

Il est donc important de prévenir un tel mécanisme pour améliorer :

- Le réalisme ;
- La prise en compte des actions des participants ;
- La représentation des éléments significatifs ;
- L'interaction entre les participants ;
- La facilité d'animation.

En conclusion, le simulateur EVE© présente d'innombrables avantages :

- Il offre des scénarii multi-utilisateurs en connectant 20 PC ou plus en réseau. Ici, les différents acteurs qui interviennent dans une situation de crise peuvent agir simultanément et chacun peut voir les autres qui agissent en temps réel, de sorte à pouvoir aussi combiner les diverses actions. Par exemple, dans un scénario d'incendie, les effets des actions d'extinction mises en oeuvre par divers véhicules s'accumulent, avec un effet sur la propagation de l'incendie (par exemple, une simple réduction de l'intensité des flammes suite à l'actionnement d'un seul dispositif ou l'action d'un groupe d'intervention n'auront pas les mêmes effets). Ainsi, la plate-forme EVE© permet d'entraîner conjointement divers niveaux de la chaîne de commande des sapeurs-pompiers et de former divers services impliqués dans la gestion de la crise (sapeurs-pompiers, préfectures et autorités municipales, forces de l'ordre nationales et locales) ;
- Cette plate-forme a déjà été expérimentée dans le cadre de la sécurité civile. Les applications menées depuis de nombreuses années ont amené ses développeurs à y apporter régulièrement des améliorations, en se basant sur les retours obtenus auprès des utilisateurs, le but étant de satisfaire

au mieux leurs exigences, tout en intégrant les nouvelles technologies disponibles sur le marché au fil du temps ;

- La plate-forme intègre en son sein VULCAIN, un moteur physique 3D pour la propagation des flammes. Il permet de simuler parallèlement le développement du front de l'incendie en fonction du relief, de la végétation et des conditions météorologiques, tout comme le développement des fumées (dynamiques et configurableables). VULCAIN intègre également l'impact que le feu a sur la végétation et sur les infrastructures ;
- Il permet la réalisation de scénarii multi-risques, comme, par exemple, l'arrivée d'un incendie de forêt près d'un site industriel où sont déposés des produits chimiques et toxiques ;
- Il offre une bibliothèque composée de nombreux produits, véhicules (comme, par exemple, des avions) et divers avatars (équipés selon la nature des différentes situations qui sont générées).

2.1.2. La plate-forme

Tel qu'annoncé aux chapitres précédents, la réalité virtuelle utilise les nouvelles technologies pour reproduire des événements et les effets qui permettent de créer un cadre interactif le plus proche possible de l'expérience réelle. L'objectif principal est de recréer avec le plus de réalisme possible chaque typologie d'événement et les développements correspondants de chaque action ou interaction.

Dans le scénario virtuel, les utilisateurs peuvent interagir avec le système par le biais d'interfaces homme/machine, en réalisant des actions et en prenant des décisions. Il est donc indispensable de prévoir avec un haut niveau de fiabilité l'évolution des événements et les représentations s'y rattachant.

Dans le cadre de la gestion des crises, il est essentiel de permettre aux différents acteurs de la chaîne décisionnelle de travailler en étroite synergie pour plus d'efficacité et une réponse plus rapide. L'instrument de la réalité virtuelle est particulièrement adapté à reproduire les événements complexes telle qu'une situation de crise.

Le projet PRODIGE rentre dans ce contexte par la réalisation du démonstrateur d'une **plate-forme de réalité virtuelle** associée à un **système de collecte de données sur le territoire et de communication bidirectionnelle avec la population** pour accroître l'efficacité de la prévention des risques et de la gestion des crises au niveau transfrontalier et pour améliorer la formation et l'entraînement des opérateurs de la protection civile en Italie et en France. D'un point de vue pratique, la plate-forme PRODIGE peut être définie comme un **ensemble de dispositifs informatiques et logiciels interconnectés et interfacés entre eux de sorte à permettre la conception, la réalisation et l'utilisation de scénarii virtuels immersifs**. Ces scénarii visent à augmenter la capacité des opérateurs à coopérer et à proposer des solutions partagées, adaptées à des contextes différents, influençant positivement la réussite de la réponse opérationnelle.

La plate-forme PRODIGE représente de facto un démonstrateur des possibilités que la réalité virtuelle offre dans le domaine de la gestion des crises ainsi que la première et véritable brique vers la création d'une infrastructure technologique partagée, capable d'opérer simultanément sur tout le territoire transfrontalier. Il est évident que l'investissement nécessaire pour atteindre l'objectif d'une interopérabilité franco-italienne totale va bien au-delà de l'effort d'un projet de courte durée tel que PRODIGE ; cependant, la plate-forme PRODIGE a posé les bases en direction de cet objectif, permettant de l'atteindre dans les années à venir à travers les activités de suivi successives au projet.

2.1.2.1. Objectifs stratégiques

L'objectif principal du projet PRODIGE est d'améliorer la capacité de gestion des crises transfrontalières et de permettre aux divers organismes français et italiens d'utiliser des méthodes et des instruments partagés.

Plus en détail, la logique de la plate-forme repose sur la réalisation de 5 objectifs stratégiques :

- aider à la formation des opérateurs de la protection civile française et italienne ;
- réaliser un environnement multimédia qui reproduise la réalité de façon réaliste et immersive ;
- permettre la participation simultanée de plusieurs « joueurs », en leur donnant tous la possibilité de voir les actions de chacun en temps réel ;
- favoriser la sensibilisation des citoyens et l'application des procédures de sécurité.

La plate-forme a été réalisée en quatre phases temporelles :

- Analyse de l'état actuel des technologies informatiques et logicielles disponibles sur le marché de la VR (Virtual Reality), avec l'identification des avantages et des inconvénients ainsi que les points forts par rapport aux objectifs prévus par le projet PRODIGE ;
- Identification des dispositifs et des logiciels les plus adaptés, acquisition, installation et interfaçage, dans l'objectif de construire un environnement opérationnel capable de réaliser diverses typologies de scénarii VR (Virtual Tour, Video 360, Serious Games, etc...) et de les rendre exploitables dans des environnements virtuels immersifs ;
- Réalisation de quatre scénarii VR pour « entraîner » les opérateurs de la protection civile et les citoyens à répondre correctement aux différentes situations d'urgence ;
- Construire un module intégratif de communication pour aider à l'échange d'informations avec les citoyens, à travers des instruments comme un système Hot-spot satellitaire pour créer des « bulles » de réseau Wi-Fi et l'utilisation des réseaux sociaux.

2.1.2.2. Structure et fonctions

Tel qu'annoncé précédemment, la plate-forme PRODIGE a été basée sur la logique qui permet la **conception**, la **réalisation** et l'**exploitation** de scénarii virtuels immersifs. De façon plus spécifique, il faudra donc :

- Des systèmes informatiques qui incluent :
 - Une représentation fidèle du terrain, des géométries et des environnements (par le biais de systèmes de texturation et de géo-référencement) ;
 - Une capacité de calcul qui permette la modélisation des événements et de leurs conséquences/développements en temps réel et en fonction des différentes interactions/décisions ;
 - Des interfaces graphiques qui permettent d'afficher les divers scénarii reconstruits à partir des éléments précédents (terrain, événements, effets des actions et des décisions).
- Des interfaces homme/machine adaptées aux éléments à reproduire (retours, son, déplacements, etc...).

Le Tableau 6 qui suit décrit les trois phases susmentionnées, en détaillant les principaux dispositifs informatiques et logiciels intégrés à la plate-forme.

À travers la plate-forme, quatre *scénarii pilotes* ont été réalisés dans un environnement virtuel, dans l'objectif de tester diverses combinaisons de situations d'urgence (incendies, inondations, etc...) et de contextes territoriaux (parcs, montagnes, routes, etc...).

Les scénarii français (qui seront décrits au paragraphe suivant) ont été réalisés par l'intermédiaire du logiciel EVE©, qui a été amélioré avec l'intégration des head-mounted display et avec l'acquisition d'environnements par le biais du scanner laser et de la photogrammétrie numérique. Ce qui a permis d'entraîner les équipes en rendant la simulation encore plus réaliste et performante et en l'alignant dans son intégralité avec les objectifs du projet.

	Conception	Réalisation		Exploitation
		Acquisition des données	Construction des scénarii	
Ce que cela signifie	Définition des objectifs et des contextes à reproduire	Acquisition de données sur les éléments physiques que l'on souhaite modéliser : territoire, bâtiments, objets, personnes, etc...	Modélisation des éléments en 3D	Rendu disponible des scénarios virtuels en modalité immersive
Quelles modalités existe-t-il ?	Contacts institutionnels avec les organismes de référence, observations sur le terrain, recherche biographique	Balayage laser, photogrammétrie, photographie 360, photographie classique	Dessin numérique, texturisation, modélisation, construction de grilles à partir de nuages de points	Usage de casques et de dispositifs de génération d'inputs physiques, commandables par les mains, les jambes et le corps
Quels instruments informatiques et logiciels ont été intégrés ?	-	<ul style="list-style-type: none"> • Caméras Samsung Gear 360 • Caméras Ricoh Theta • Scanner laser Faro • Appareils photo numériques • Combinaison Neuron • 	<ul style="list-style-type: none"> • Unity • 3Dmax • Autocad • Blender • Adobe Creative Cloud: • After Effects + Skybox studio • Premiere • Photoshop • Illustrator • Fuse • Workstation • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • HTC Vive • Oculus Rift • Omnidirectional Treadmill Cyberith Virtualizer • Cardboard • Samsung Gear VR • Smart phone Samsung s7 • gants Gloveone • Gamepad • Leap Motion • Smart Tv •

Tableau 6: Phases plate-forme PRODIGE

2.1.3. Les scénarii pilotes

Les scénarii développés dans PRODIGE sont exploitables avec la plate-forme et présentent chacun des caractéristiques techniques différentes, l'objectif étant de montrer les divers éléments d'excellence que la plate-forme VR permet d'intégrer.

4 scénarii ont été réalisés en particulier :

- Crue du parc fluvial Gesso e Stura dans la province de Cuneo ;
- Crue torrentielle et accident de la route à Saint-Paul-sur-Ubaye ;
- Déversement de substances chimiques dans la zone du Col de la Madeleine ;
- Accident à l'aéroport avec formation de nuages toxiques qui touchent une zone peuplée.

Ci-après, la description détaillée des quatre scénarii, avec mise en relief des points forts et des excellences techniques.

Crue du parc fluvial Gesso e Stura dans la province de Cuneo



Figure 9: Parc fluvial Gesso e Stura balayé



Figure 10: Modèle 3D du parc fluvial Gesso e Stura

Ce scénario simule un risque hydrogéologique d'une éventuelle crue dans la zone du parc. Dans une situation d'alerte de niveau 2 (soit de préalarme et de criticité moyenne), la piste cyclable qui longe le fleuve Gesso reste ouverte au public.

Suite à une aggravation de la situation météorologique, le seuil d'alerte a été levé à 3 (soit d'alarme et de criticité élevée) : donc, déclenchement des procédures de protection civile pour la fermeture au public et évacuation de la zone.

L'opérateur arrive sur place et procède à l'évacuation des personnes présentes et à la fermeture des accès. Après avoir contrôlé la zone, il surveille les entrées, tout en restant en contact avec le centre opérationnel communal.

Le scénario présente les éléments distinctifs suivants :

- infographie immersive ;
- possibilité d'interagir avec les objets ;
- navigation par le biais de la plate-forme tapis de sport et/ou course sur place ;
- système d'analyse automatique des erreurs.



Figure 11: Détail du modèle en 3D du parc fluvial Gesso e Stura



Figure 12: Détail du modèle en 3D du parc fluvial Gesso e Stura



Figure 13: Détail modèle 3D véhicule protection civile

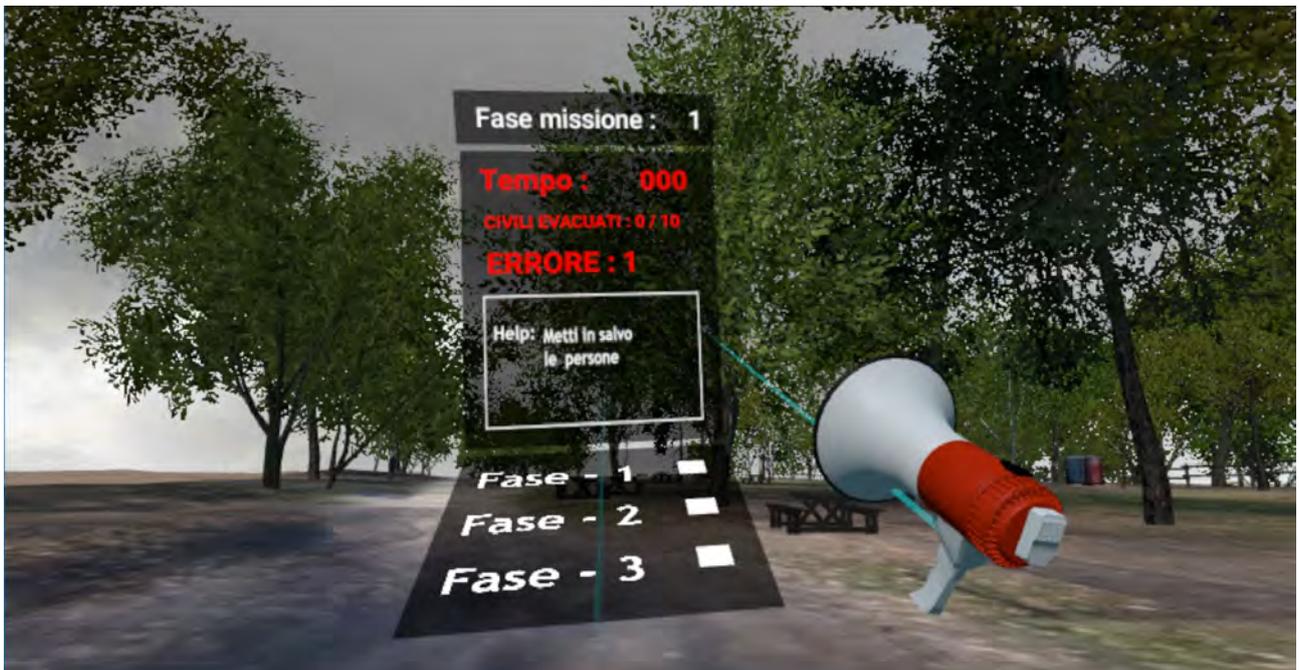


Figure 14: Détail compteur d'erreurs serious game

Crue torrentielle et accident de la route à St.- Paul-sur-Ubaye



Figure 15: Détail scénario Saint-Paul-Sur-Ubaye

Le scénario prévoit la récupération du conducteur d'un véhicule, entraîné par une crue torrentielle vers un point à la moitié du fleuve Riou Sec, près de St. Paul-sur-Ubaye. Les parois du pont empêchent au moyen de tomber dans le fleuve et le conducteur est bloqué à l'intérieur puisque la force de l'eau empêche l'ouverture de la porte.



Figure 16: Détail véhicule bloqué dans le scénario Saint-Paul-sur-Ubaye

Les secours sont alertés, un équipage de service doté de harnais et de corde se charge d'arrimer le véhicule, tandis que le conducteur est prélevé par hélicoptère de la protection civile.



Figure 17: Détail secours dans le scénario Saint-Paul-sur-Ubaye



Figure 18: Détail secours dans le scénario Saint-Paul-sur-Ubaye

Le scénario de Saint- Paul sur-Ubaye présente les éléments distinctifs suivants :

- Interaction simultanée multiplayer (jusqu'à 40 joueurs) ;

- Géo-référencement ;
- Disponibilité de « bibliothèques d'objets 3D » liées à la protection civile (véhicules, sondes, panneaux, barrières, etc...);
- Possibilité de conduire des véhicules terrestres et aériens (hélicoptères) ;



Figure 19: Détail intérieur véhicule de secours

- Disponibilité d'une « cabine de régie » pour ajouter des éléments dans le scénario durant son déroulement.

Déversement de substances chimiques dans la zone du Col de la Madeleine



Figure 20: Photo 360° de Barcelonnette

Le scénario simule l'accident d'un poids lourd qui transporte des substances chimiques très polluantes sur le territoire français, à proximité du Col de la Madeleine.



Figure 21: Photo de la zone concernée par la simulation

Le véhicule sort de voie et se renverse sur un flanc dans le fleuve à l'entrée de la ville de Larche, renversant lentement dans l'eau le produit chimique transporté. Le conducteur, qui s'est évanoui, reste à l'intérieur de la cabine jusqu'à ce qu'il soit prélevé et mis en sécurité par les sapeurs-pompiers.

Entre-temps, la substance chimique s'est répandue dans le fleuve, le polluant : donc, déclenchement des procédures pour circonscrire la zone et limiter le déversement.



Figure 22: Scénario relatif à l'incidente al Colle della Maddalena



Figure 23: Scénario relatif à l'incidente al Colle della Maddalena

Le scénario du Col de la Madeleine présente les éléments distinctifs suivants :

- Interaction simultanée multiplayer (jusqu'à 40 joueurs) ;
- Géo-référencement ;
- Disponibilité de « bibliothèques d'objets 3D » liées à la protection civile (véhicules, sondes, panneaux, barrières, etc...) ;
- Possibilité de conduire des véhicules terrestres et aériens (hélicoptères) ;
- Disponibilité d'une « cabine de régie » pour ajouter des éléments dans le scénario durant son déroulement.

Accident à l'aéroport avec formation de nuages toxiques qui touchent une zone peuplée

Le quatrième scénario est le seul composé de deux moments consécutifs. Au début, un hélicoptère chargé de thorium 232 fait une mauvaise manœuvre de décollage et termine son vol sur une citerne de ravitaillement, provoquant un incendie. Les opérateurs CBRN arrivent pour circonscrire l'incendie et délimiter la zone radioactive, d'où, entre-temps, s'est dégagé un nuage toxique. Le second moment voit le nuage toxique toucher le Parco Dora, dans la ville de Turin. Les opérateurs de la police municipale de la ville de Turin, déjà sur place pour un événement musical qui rassemble des centaines de personnes, sont alertés par la centrale opérationnelle de l'arrivée possible du nuage toxique.



Figure 24: Accident à l'aéroport

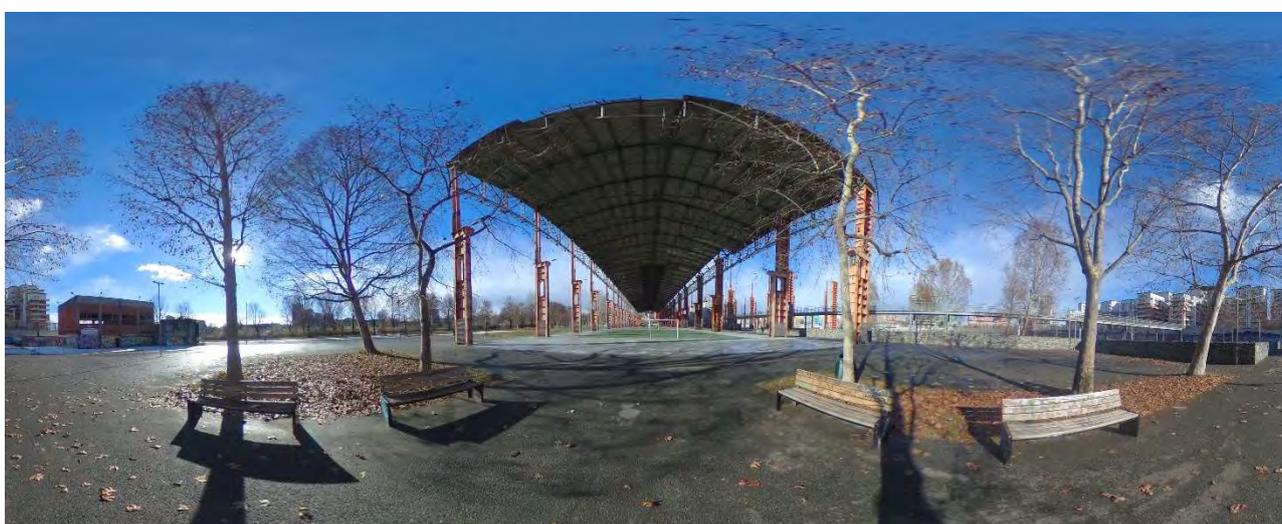


Figure 25: Photo 360° du Parc Dora, Turin

Pour la réalisation de la première partie du scénario, une coopération avec l'Aviation militaire a été mise en place, notamment, avec le siège de Vérone qui représente une excellence italienne pour ce qui concerne l'acquisition d'images de la réalité et la transposition en environnement virtuel en 3D (technique largement utilisée pour construire les scénarii des simulateurs de vol). Puisque la transposition d'images réelles vers des environnements virtuels est une composante essentielle du scénario, dans le cadre de la coopération, des visites des lieux techniques ont été réalisées dans le but de :

- cartographier, par le biais de dispositifs de balayage laser et d'appareils photo 360°, un environnement aéroportuaire vraisemblablement objet du type d'accident représenté ;
- approfondir la connaissance des technologies pour la génération de modèles en 3D utilisés par l'Aviation militaire afin de s'assurer de tenir compte des meilleures options technologiques actuellement disponibles pour la conception et le développement du système PRODIGE ;

- obtenir des images et des données des véhicules spécialisées pour la gestion des accidents dans les aéroports (qui, sans la collaboration avec l'Aviation militaire, auraient été difficiles à avoir) ;
- créer une occasion de débat technique et scientifique de type applicatif, utile aussi pour la promotion de PRODIGE à l'échelle nationale.

La disponibilité de l'Aviation militaire a également permis aux partenaires PRODIGE d'opérer dans un contexte dans lequel les trois responsabilités de la protection civile, des secours et de la lutte à l'incendie sont gérées par une seule et même personne, soit le commandant de l'aéroport : ce qui a permis d'avoir affaire à un modèle conceptuel plus proche du système français dans lequel l'autorité du SDIS a la charge exactement de ces trois fonctions opérationnelles.

La seconde partie du scénario a, quant à elle, été réalisée en coopération avec le Noyau d'investigations scientifiques et technologiques de la police municipale de Turin et voit les forces de police engagées dans l'application des procédures de gestion des crises, se rendant nécessaires par l'arrivée du nuage toxique sur le Parc Dora, justement durant un événement musical.

Et notamment, l'opérateur de la police locale a) procède au contrôle de la zone et localise les issues de secours en vue de l'évacuation ; b) communique à la centrale opérationnelle la situation du site et le nombre de personnes présentes à évacuer et l'éventuelle nécessité de renforts ; c) diffuse l'avis d'évacuation et se charge de bloquer la circulation pour empêcher l'accès à la zone et dévier la circulation vers des itinéraires alternatifs, facilitant ainsi l'entrée des moyens de secours ; d) coordonne l'évacuation des personnes présentes, en indiquant la bonne direction vers le lieu de rassemblement défini ; e) attend les informations du personnel des sapeurs-pompiers et de l'ARPA (Agence régionale pour la protection de l'environnement) afin de connaître l'issue du relevé de l'éventuelle contamination de la zone ; F) enfin, contrôle la zone du Parc Dora et, au cas où quelqu'un n'aurait pas entendu les avis d'évacuation ou ait des problèmes, appelle les secours et en attend l'arrivée.

Le scénario présente les éléments distinctifs suivants :

- Scénario mixte (video 360°, virtual tour et *serious game*) ;



Figure 26: Détail accident à 360°

- infographie immersive avec qualité photographique ;



Figure 27: Détail extinction d'incendie hélicoptère

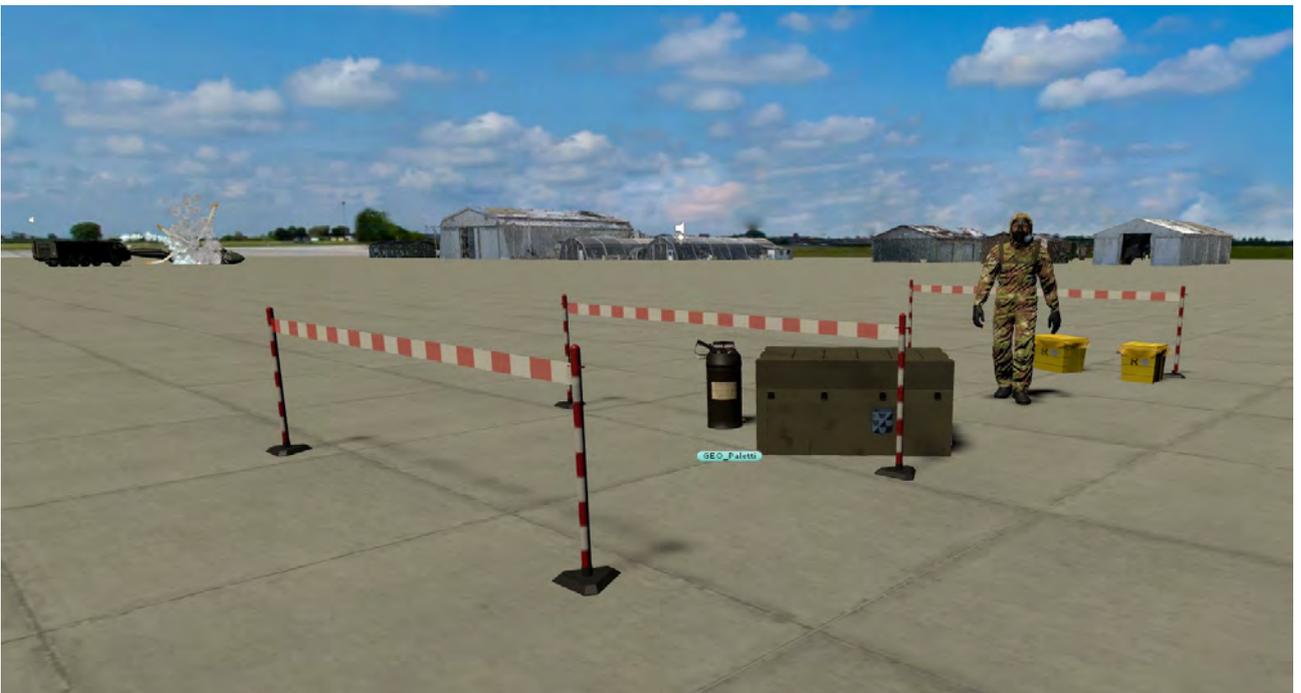


Figure 28: Détail zone de travail



Figure 29: Détail extinction incendie citerne

- possibilité d'interagir avec les objets ;



Figure 30: Détail interaction avec sonde Alpha et ANPDR77

- possibilité de choisir parmi différents rôles (avatars) ;



Figure 31: Sélection avatar

- intégration des procédures de communication avec les citoyens ;
- Intégration de logiciels spécialisés pour simuler et reproduire les incendies.

2.1.4. Le module intégratif de communication

L'un des objectifs du projet PRODIGE est d'associer à la plate-forme d'entraînement de tous les acteurs de la sécurité et de la protection civile un système de collecte des données du territoire objet de crise, par la création d'un modèle de communication bidirectionnelle entre le citoyen et l'opérateur.

Le module intégratif créé par la Municipalité de Turin, en collaboration avec d'autres partenaires, opérera sur différents niveaux :

- Simplifier la communication entre les opérateurs de la sécurité et de la protection civile et les citoyens afin de rendre les simulations et l'entraînement plus réalistes ;
- Transformer les citoyens en sources de données par le biais de leur usage des réseaux sociaux et des téléphones portables.

Le flux opérationnel adopté pour le module intégratif est le suivant :

- Acquisition des données ;
- Traitement des données ;
- Communication bidirectionnelle avec les citoyens.

2.1.4.1. Typologie des données collectées

Diverses typologies de données seront acquises, notamment, les données des communications diffusées par le biais des systèmes de téléphonie mobile (téléphones portables, smartphones, tablettes) et les systèmes informatiques comme les PC et les postes de travail informatiques.

Et, plus en détail, les textos, les applications de messagerie (WhatsApp, Telegram) et les applications de réseaux sociaux (Twitter et Facebook).

D'autres données qui seront acquises seront les signaux du réseau téléphonique indiquant la présence d'appareils portables présents dans les scénarii de crise et les métadonnées s'y rattachant.

Applications de messagerie

Pour la communication bidirectionnelle, seront adoptés des systèmes de communication en mesure d'atteindre chaque citoyen présent dans la zone de crise.

- **SMS (Short Message Service)** è nato come un servizio per la telefonia mobile utilizzato sulla rete di comunicazione GSM¹. Successivamente è migrato anche su rete UMTS². Actuellement, il est possible d'envoyer des textos aussi par le biais du réseau de données Internet.

Le service de textos est intégré à chaque dispositif de téléphonie mobile, de ceux de la vieille génération aux plus récents smartphones.

Le standard prévoit deux typologies de message : le type **Point-to-Point** (d'un terminal à un autre) et le type **Cell Broadcast**, issus d'une cellule et distribués à tous les terminaux qu'elle couvre.

La modalité Cell Broadcast est celle qui permet d'aviser tous les abonnés liés à une station radio de base déterminée. Le message envoyé indiquera la situation de crise et un numéro de téléphone dédié, géré par la cellule de crise, ouvert aux applications comme WhatsApp et Telegram, afin de permettre la réception d'informations plus précises et ponctuelles de la part du citoyen.

Le ¹ **GSM** (Global System for Mobile Communications) est le standard de deuxième génération de la téléphonie mobile et, en 2017, est le plus diffusé au monde avec plus de 3 milliards d'utilisateurs dans 200 pays. Il s'agit d'un standard ouvert, développé par la Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications, normalisé par l'Institut européen des normes de télécommunications et rendu opérationnel par le consortium 3GPP. L'introduction du GSM a représenté une véritable révolution dans le domaine de la téléphonie mobile. À la base, les nombreux avantages par rapport aux précédents systèmes de téléphonie mobile ont été les suivants : interopérabilité entre des réseaux différents subordonnés à un seul et unique standard international et de communication de type numérique [25].

² **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System), è uno standard di telefonia mobile cellulare 3G, evoluzione del GSM. Cette technologie a la particularité d'employer le standard de base W-CDMA plus évolué comme interface de transmission dans l'accès radio au système, il est compatible avec le standard 3GPP et représente la réponse européenne au système ITU de téléphonie mobile 3G.

Le standard UMTS est le successeur de troisième génération du GSM et a été lancé sur le marché sous le nom 3GSM afin de souligner la combinaison entre la technologie 3G et le standard GSM qu'il devrait remplacer complètement à l'avenir [26].

- **WhatsApp** est une application de messagerie instantanée multi-plate-forme pour smartphones. Il s'agit du système de messagerie le plus utilisé au monde, comptant un milliard d'utilisateurs. En plus de la possibilité d'échanger des messages textuels, il permet d'envoyer des images, vidéos, audios, documents, de passer des appels en VoIP et d'envoyer sa propre position géographique. Depuis l'année 2015, il est possible d'utiliser l'application WhatsApp aussi depuis un ordinateur via le logiciel de navigation (Chrome, Firefox, Edge, Safari et Opera). C'est justement au vu de ces caractéristiques qu'elle a été choisie comme application de communication idéale pour l'échange bidirectionnel d'informations citoyen/opérateurs de crise depuis et vers la cellule de crise. La possibilité d'envoyer des images, audios, vidéos mais surtout sa propre position géographique permettra aux opérateurs des secours et à la cellule de crise de surveiller la crise et de détecter la présence sur le territoire de citoyens nécessitant une intervention immédiate et pertinente à la situation de besoin.
- **Telegram** est une application de messagerie instantanée multi-plate-forme basée sur le cloud. Les messages sont enregistrés sur le cloud de Telegram, ce qui permet d'accéder aux messages en même temps sur tous les dispositifs associés (smartphones, tablettes, PC...). La communication peut avoir lieu par **chat standard** avec chiffrement client-serveur, synchronisée sur le cloud et donc visibles à tous les dispositifs associés ou bien en **chat secrète** avec chiffrement de bout en bout (entre les dispositifs impliqués dans la chat) et la possibilité de configurer un compte-à-rebours pour l'autodestruction du message, lequel sera alors éliminé dans le délai fixé. La chat secrète n'est pas utilisable en modalité Web. Autre caractéristique importante de l'application Telegram est la possibilité d'utiliser les API (Application Program Interface) pour pouvoir développer des applications (Bot) acheminables via l'application de messagerie. Les BOT sont des programmes automatisés avec lesquels il est possible de recevoir des nouvelles automatiquement ou de demander des nouvelles en effectuant une interrogation spécifique. Les BOT sont installés sur le serveur de Telegram et reposent sur le protocole HTTPS avec divers systèmes de cryptographie. Tout comme WhatsApp, Telegram offre la possibilité de partager des messages textuels, d'envoyer des images, vidéos, audios, documents même de grande dimension, passer des appels en VoIP et d'envoyer sa propre position géographique, ce qui permettra aux opérateurs des secours et à la cellule de crise de surveiller la crise et de détecter la présence sur le territoire de citoyens nécessitant une intervention immédiate et pertinente à la situation de besoin.

Applications de réseaux sociaux

- **Facebook** est un service de réseau social multi-plate-forme pour logiciel de navigation et dispositifs mobiles, pour la gestion des relations sociales et le partage de contenus textuels (Chat) et multimédia. Il s'agit du réseau social le plus répandu au monde. Essentiel est le partage des contenus multimédia et la pénétration du réseau social sur le territoire.

L'intégration avec le module intégratif permettra de surveiller la situation de crise sur le territoire et aux opérateurs de communiquer aussi à travers la plate-forme Facebook pour partager des données, procédures, protocoles et informations utiles à la gestion de la crise.

- **Twitter** est un service de réseau social multi-plate-forme pour logiciel de navigation et dispositifs mobiles pour le partage de messages, images et liens.

La caractéristique principale est la longueur maximale du texte qui est de 140 caractères. La simplicité d'utilisation et l'immédiateté d'usage de la plate-forme sont les particularités et la force de Twitter. Il est le premier véhicule de diffusion de nouvelles au monde. C'est justement pour cette raison qu'il est utilisé par l'utilisateur pour signaler des informations en avant-première par rapport aux médias traditionnels. La partie fondamentale du tweet est le Hashtag, soit des étiquettes formées par le symbole # suivi de mots individuels ou concaténés entre eux. En étiquetant un message d'un hashtag, l'on crée un lien hypertexte vers tous les messages qui citent ce même hashtag. En fait, il s'agit d'un véritable agrégateur thématique. Il devient alors facile et immédiat de trouver des messages sur un sujet et un contenu spécifique.

Signaux du réseau de téléphonie mobile

Le terme **Station radio de base**, abrégé BTS (Base Transceiver Station), identifie un système muni d'antennes de réception et transmission de signaux radio qui dessert les terminaux mobiles des utilisateurs, en couvrant une zone géographique donnée, dite justement cellule radio.

Actuellement, il s'agit de l'infrastructure à la base de la téléphonie mobile.

Les stations radio sont des installations de téléphonie mobile qui reçoivent et retransmettent les signaux des téléphones portables, en permettant le fonctionnement. La propagation de ces signaux advient sur des bandes de fréquence différentes, entre les 900 et les 2100 MHz, en fonction du système technologique utilisé :

- GSM
- UMTS
- LTE³

Le ³ **LTE**, abréviation qui signifie *Long Term Evolution*, indique la plus récente évolution des standards de téléphonie mobile GSM/UMTS. Il naît comme nouvelle génération pour les systèmes d'accès mobile à bande large (Broadband Wireless Access) et, du point de vue technique, fait partie du segment Pré-4G, en se positionnant à mi-chemin entre les technologies 3G comme l'UMTS et celles de quatrième génération pure (4G (*LTE Advanced*)). Malgré cela, dans l'intention de mettre fin à la confusion entre l'utilisation

Une caractéristique essentielle des transmissions pour la téléphonie mobile autres que celles pour la transmission audiovisuelle est la bidirectionnalité des communications qui adviennent entre le réseau radiomobile construit par les BTS installées dans une zone déterminée et les terminaux mobiles des utilisateurs.

Une fonctionnalité typique, en plus d'instaurer une connexion avec le terminal de l'utilisateur durant la communication, est aussi celle de diffuser un signal en broadcast sur la cellule de couverture correspondante aux divers terminaux des utilisateurs qui informe de la disponibilité du service. Vice-versa, il reçoit des informations du terminal concernant sa présence dans la cellule concernée pour les diverses fonctionnalités de roaming⁴.

Les BTS sont réparties sur le territoire de façon diffuse en fonction de la densité de la population, étant essentiellement concentrées dans les zones urbaines à haute densité. En fonction du nombre d'utilisateurs desservis, les BTS sont espacées entre elles de quelques centaines de mètres dans les grandes villes jusqu'à divers kilomètres dans les zones rurales.

Chaque BTS est en mesure de desservir une portion de territoire limitée, dite « cellule », dont les dimensions dépendent de la densité d'utilisateurs à desservir dans la zone en question, du milieu urbain ou non (habitations, végétation, etc...), de la hauteur des installations, de la puissance employée et de la typologie de l'antenne utilisée.

Une BTS d'un opérateur donné est composé d'un ou de plusieurs systèmes de technologie différente (GSM, UMTS et LTE) et donc d'une fréquence de transmission et de réception différente. Généralement, chaque BTS est composée de trois antennes de transmission, dites cellules, orientées différemment dans l'espace afin de garantir la couverture du service dans la zone environnante. Les antennes des divers services orientées dans différentes directions de l'espace sont dites aussi secteurs.

Est importante, pour la gestion des crises, l'analyse du réseau téléphonique indiquant la présence de dispositifs de téléphonie mobile dans les scénarii de crise.

dans le marketing du terme 4G et la vraie classification comme 4G, il a été récemment décidé d'appliquer le terme 4G aussi au LTE [27].

Le ⁴ **Roaming** (de l'anglais *to roam: vagabonder, errer*) correspond, dans le domaine des télécommunications, à l'ensemble des procédures, normes et appareils qui permettent de retrouver un terminal mobile voulu qui ne se trouve pas dans son propre réseau et de le mettre en communication avec l'utilisateur appelant à l'intérieur d'un même réseau, ou entre des réseaux de communication distincts mais interopérants. Le roaming est utilisé notamment par les opérateurs de téléphonie mobile pour permettre aux utilisateurs mobiles de se connecter entre eux, éventuellement en utilisant aussi un réseau qui ne leur appartient pas en échange du paiement d'une somme à l'autre opérateur [28].

Les opérateurs téléphoniques sont tenus de conserver, tel que le veut la loi, les données concernant le trafic téléphonique des utilisateurs connectés aux BTS.

De façon plus spécifique, les données conservées concernent l'heure de l'événement (appel, sms, connexion de données), durée, numéro de l'appelant, numéro appelé, IMSI⁵, IMEI⁶, cellule connectée initiale et cellule connectée finale.

Généralement, les données susmentionnées sont mises à la disposition des autorités judiciaires en cas de besoin (de connaître par exemple l'historique d'appels du téléphone).

De la même façon, des protocoles ont été signés avec les opérateurs de téléphonie mobile pour sauver la vie de personnes disparues au niveau national, par le biais de la localisation de précision sur un numéro de téléphone donné.

D'autres informations disponibles au niveau du registre des stations radio sont celles relatives aux statistiques et analytiques sur le nombre de dispositifs présents, la nationalité et l'éventuelle résidence de l'abonné, après anonymisation des données devant rester confidentielles de par la loi.

Les opérateurs téléphoniques disposent de tableaux de bord d'affichage des informations leur permettant de mener des études de marché.

Comme cela est détaillé plus loin, il existe donc trois niveaux possibles d'acquisition des données relatives aux registres des stations radio de base :

- Registre complet à la demande des autorités judiciaires ;
- Pistage de l'abonné(e) disparu(e) à la demande des autorités judiciaires ;
- Données statistiques sans demande de la part des autorités judiciaires.

L¹⁵ **IMSI** correspond à l'abréviation de « International Mobile Subscriber Identity » (identité internationale d'abonné mobile). Il s'agit d'un numéro univoque qui est associé à tous les utilisateurs de téléphonie mobile des réseaux GSM ou UMTS. Le numéro est enregistré dans la carte SIM. Il est envoyé par le dispositif mobile au réseau. Un IMSI contient normalement 15 chiffres [29].

L¹⁶ **IMEI** (abréviation de « Identité internationale d'équipement mobile ») est un code numérique qui identifie un équipement mobile de façon univoque, cet équipement pouvant être un téléphone portable ou un modem qui exploite la technologie GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA/HSUPA ou LTE. Il est composé de 15 chiffres [30].

2.1.4.2. Technologies adoptées pour la réalisation du module intégratif et leur utilisation en Italie

Du point de vue technologique, le module intégratif sera composé d'une plate-forme logicielle qui permettra d'intégrer les données acquises auprès d'autres sources.

Le Noyau d'investigations scientifiques et technologiques de la police locale de Turin possède un laboratoire d'Intelligence et de Data Analytics doté de technologies et d'outils informatiques qui seront utilisés dans le cadre du projet PRODIGE.

Ces solutions logicielles permettront d'analyser toutes les typologies de données collectées, par les applis de réseaux sociaux, les stations radio de base et la messagerie (SMS, WhatsApp et Telegram).

La plate-forme logicielle est hébergée sur un poste de travail utilisé par la cellule de crise et de gestion de l'événement.

Messagerie

La plate-forme intégrera plusieurs modules pour la gestion des données acquises et, notamment, les données dérivant des applications de messagerie (WhatsApp et Telegram) seront analysées avec les applications Web propriétaires, directement par les postes télématiques connectés au réseau Internet.

- **Whatsapp**



Figure 32: Whatsapp Web [31]

- **Telegram**

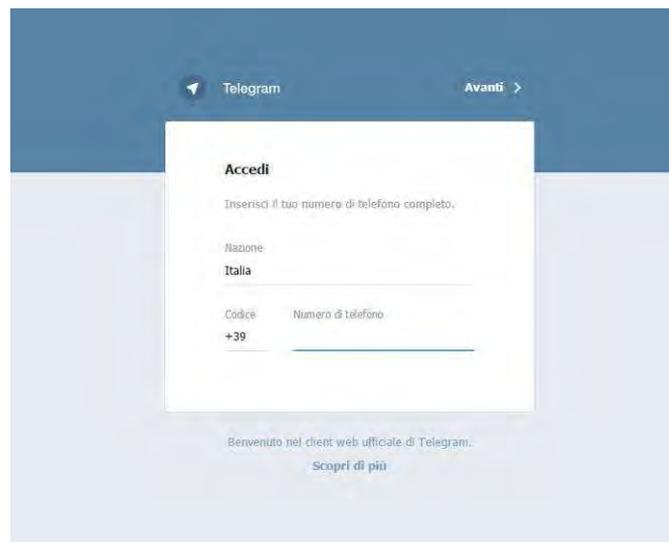


Figure 33: Telegram [32]

Ces applications permettront à l'opérateur de la cellule de crise de recevoir les données envoyées par les citoyens, les premiers opérateurs intervenant sur le terrain et les opérateurs de crise présents sur le lieu de l'événement.

Par l'intermédiaire des applis Web, il sera possible de diffuser de multiples technologies de données, comme par exemple : positions GPS⁷, audios photos, vidéos et messages qui pourront être utiles à une meilleure gestion des crises.

Pour les utilisateurs qui ne seront pas munis de smartphones ou de tablettes et qui pourront communiquer uniquement par textos, un téléphone à la disposition de l'opérateur de la cellule de crise sera en mesure de recevoir ces messages.

En cas d'éventuelle interruption de la connexion Internet, les opérateurs de téléphonie mobile ou les opérateurs de secours, dotés de technologie, sont en mesure de créer une « bulle Wi-Fi » capable de rétablir la connectivité nécessaire à la communication des premiers opérateurs intervenant sur le terrain, des opérateurs de crise et des citoyens.

Le ⁷ **GPS** (en anglais : Global Positioning System) est un système de positionnement et de navigation satellitaire civile qui, à travers un réseau dédié de satellites artificiels en orbite, fournit à un terminal mobile ou à un récepteur GPS des informations sur ses coordonnées géographiques et l'horaire, quelle que soit la condition météorologique, n'importe où sur la Terre ou dans les alentours immédiats où il existe un contact dépourvu d'obstacles avec au moins quatre satellites du système. La localisation advient par le biais de la transmission d'un signal radio par chaque satellite et l'élaboration des signaux reçus par le récepteur [33].

Applis des réseaux sociaux

Aussi par le biais des applis des réseaux sociaux, il sera possible de diffuser de multiples typologies de données, comme par exemple des photos, des vidéos et la position GPS.

Facebook et Twitter qui seront utilisés dans le cadre du projet PRODIGE comme canaux de communication bidirectionnelle seront intégrés au module intégratif.

Le logiciel MICROSTRATEGY, utilisé par le Noyau d'investigations scientifiques et technologiques de la police locale de Turin sera la plate-forme utilisée pour les simulations. Les données seront recueillies et analysées pour générer des informations pertinentes et utiles aux opérateurs de crise, en offrant la possibilité de les intégrer à d'autres informations reçues d'autres canaux.

Nous précisons que seules les données publiques pourront être acquises et recueillies.



Figure 34: Logiciel MICROSTRATEGY

La collecte des données advient par le biais d'API⁸ mises à la disposition par Facebook et Twitter à travers le protocole HTTP⁹ et le langage JSON¹⁰.

Analyses des registres des stations radio de base

Le système de téléphonie mobile utilise les stations radio de base pour recevoir et transmettre les communications vocales et de données de l'abonné mobile. Les données mémorisées dans les systèmes informatiques pour la gestion des stations radio de base permettent d'énumérer et d'identifier les abonnés qui y sont connectés. Cette information permet d'effectuer des estimations et des analyses utiles à la gestion des crises.

La plate-forme logicielle MERCURE V3 est la solution avancée de métadonnées téléphoniques qui sera adoptée pour l'analyse des registres stations radio de base (BTS).

Voici certaines des propriétés et des caractéristiques du logiciel utiles à l'application des démonstrateurs du projet PRODIGE :

- Analyse des « appels dans la zone » sur le trafic de la cellule ;
- Représentation des données par zone sur la carte d'agrégation ;
- Analyse temporelle « timeline » en rapport à l'utilisation des abonnés ;
- Analyses du réseau social entre les utilisateurs ;
- Analyse des registres des GPS ;
- Identification de modèles de comportement ;

L⁸ **API** (Application Program Interface) signifie, en informatique, un ensemble de procédures disponibles au programmeur, d'ordinaire regroupées pour former une série d'outils spécifiques pour l'exécution d'une tâche déterminée à l'intérieur d'un certain programme. Souvent, ce terme correspond aux bibliothèques logicielles disponibles dans un certain langage de programmation [34].

⁹ L'HyperText Transfer Protocol (**HTTP**) (protocole de transfert d'un hypertexte) est un protocole au niveau de l'application utilisé comme principal système de transmission d'informations sur le Web, soit une véritable architecture client-serveur. L'HTTP est le mécanisme qui fonctionne sur une demande/réponse (client/serveur) : le client exécute une demande et le serveur lui renvoie une réponse. Dans l'usage commun, le client correspond au logiciel de navigation et le serveur à la machine qui héberge le site Internet. Il existe donc deux types de messages HTTP : messages de demande et messages de réponse [35].

Le ¹⁰ **JSON**, abréviation de « Object Notation », est un format adapté à l'échange de données entre des applications client-serveur. La simplicité de JSON en a decreté une rapide utilisation. Son usage par le biais de Javascript est particulièrement simple, ce qui l'a rendu rapidement populaire grâce à la diffusion de la programmation en Javascript dans le monde du Web [36].

- Intégration avec extractions de données depuis les dispositifs mobiles.

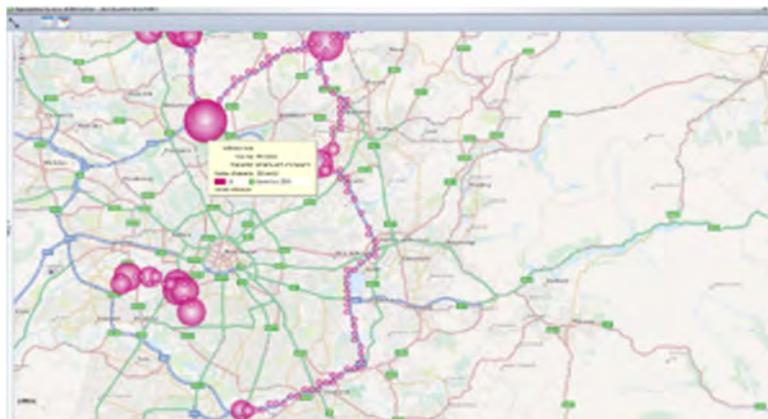


Figure 35: Logiciel MERCURE V3

Comme cela a déjà été décrit, le trafic téléphonique et les registres des cellules peuvent être acquis sur demande des autorités judiciaires. (historique du trafic du téléphone - liste des appels) et, selon des protocoles avec les opérateurs de téléphonie mobile, aussi pour sauver des vies humaines au niveau national par la localisation de précision d'un numéro de téléphone déterminé.

Analyse des données multimédia (photos et vidéos)

Les données de type multimédia comme les photos et les vidéos publiées sur les réseaux sociaux Facebook et Twitter ou ceux circulant par le biais des applications de messagerie WhatsApp et Telegram, pourront être analysées avec des systèmes logiciels d'amélioration de l'image et du débit vidéo.

Le traitement de l'image par le biais de l'application de filtres correctifs se rend nécessaire, en cas de conditions externes critiques comme une mauvaise luminosité, brouillard, mouvement du sujet filmé.

L'amélioration de l'image peut amener à des informations utiles et pertinentes pour les opérateurs de la cellule de crise et de secours.

Dans le cadre du projet PRODIGE, ce sera le logiciel appelé « Amped FIVE » qui sera utilisé.



Figure 36: Amped FIVE

La plate-forme AMPED 5 permet d'optimiser le travail d'analyse sur des supports de type photo et vidéo, en adoptant des procédures externes.

Voici certaines des propriétés et des caractéristiques du logiciel utiles à l'application des démonstrateurs du projet PRODIGE :

- Importation de tout type d'image, vidéo ou séquence ;
- Analyse des caractéristique des photos numériques (métadonnée EXIF) et des vidéos (codec video et type de codification de chaque photogramme) ;
- Optimisation de la recherche des parties intéressantes dans des vidéos longues avec la nouvelle fonctionnalité de détection du mouvement et travail uniquement sur les photogrammes utiles, qu'ils soient consécutifs dans un intervalle donné ou en positions éparées ;
- Traitement des photogrammes en combinant sans limites plus de 70 filtres disponibles afin d'en éliminer les défauts ou d'en faire ressortir les détails.

2.1.4.3. Flux opérationnel de communication bidirectionnelle

Le projet PRODIGE se fixe, entre autres objectifs, celui de développer et d'utiliser les nouvelles stratégies d'information et de communication en temps réel pour la population, avec l'implication des citoyens résidents en les transformant en capteurs locaux et en sources de données.

L'utilisation des technologies de communication bidirectionnelle actuelles via Internet comme les applications de réseaux sociaux, comme WhatsApp, Telegram, Facebook et Twitter, permettra de collecter des informations utiles pour une meilleure gestion de la crise.

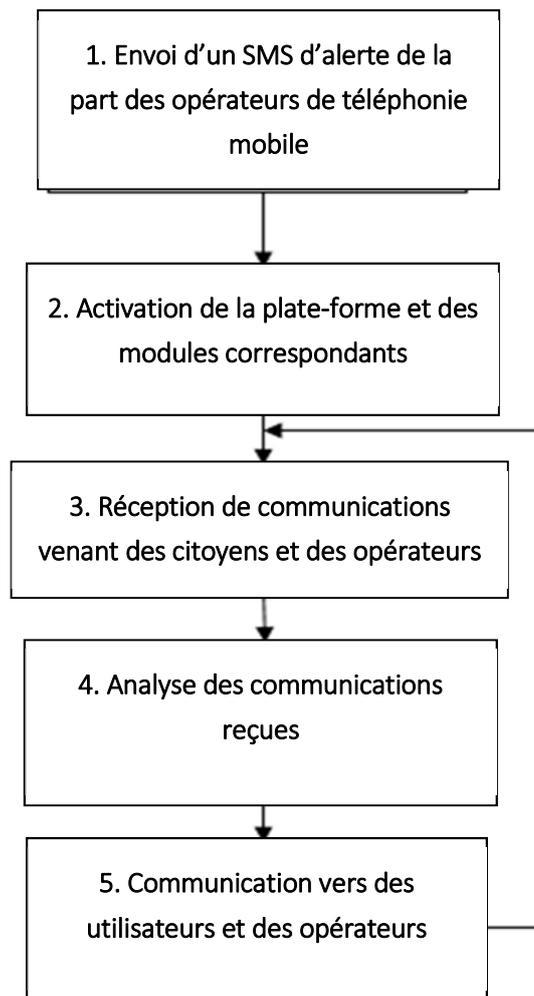


Figure 37: Protocole et flux opérationnelle

- 1. Communication aux opérateurs de téléphonie mobile de l'envoi d'un SMS d'alerte à tous les abonnés connectés aux stations radio de base recouvrant le territoire objet de la crise.**

Le texto devra transmettre l'information de la crise et informer qu'un numéro de téléphone spécial sera activé, habilité à l'utilisation des applications WhatsApp et Telegram afin de mettre en place la communication bidirectionnelle entre les opérateurs de la cellule de crise et les citoyens présents sur le territoire touché par la crise.

- 2. Activation de la plate-forme et des modules correspondants.**

Les canaux Web pour la réception de communications WhatsApp et Telegram sont activés. Création d'un groupe relatif à l'événement aussi bien pour WhatsApp que pour Telegram. Création de pages Facebook et Twitter dédiées à la crise et de hashtag (#) spécifiques, par le biais desquels activer la communication bidirectionnelle avec les résidents affectés par l'événement. Surveillance des réseaux sociaux Facebook et Twitter par le biais du logiciel Microstrategy des pages créées ad hoc et de tout canal créé par les citoyens affligés par la crise.

Surveillance du registre des stations radio de base.

3. Réception de communications de la part des citoyens

Les utilisateurs qui ont reçu le texto envoyé par les opérateurs de téléphonie mobile (voir point 1 du flux) pourront, à travers leurs propres matériels informatiques (smartphone, tablette, PC), envoyer des communications à travers les canaux ouverts par la cellule de crise (voir point 2 du flux).

Les communications pourront être des messages, des objets multimédia (audios, photos, vidéos) et la position GPS.

4. Analyse des communications reçues

La position GPS, le texte, les médias (photos, vidéos et audios) seront analysés par le biais des outils activés (voir point 2 du flux). L'analyse des données sera traitée par le biais des technologies d'analyse de vidéos pour nettoyer l'image si besoin est et pour mettre mieux en évidence les informations utiles aux opérateurs.

L'analyse des registres des stations radio de base donnera des informations concernant le nombre d'utilisateurs présents dans la zone, et, de ces données, il pourra ressortir l'information relative aux éventuels utilisateurs non recensés au niveau administratif (ex. : cela permettrait de détecter la présence d'abonnés étrangers grâce à l'analyse du code IMSI présent dans les registres).

5. Communication aux utilisateurs pour diffuser les dernières nouvelles et directives utiles à une gestion correcte de la crise

Les analyses sur les données reçues visées au point 4 permettront, en accord avec les activités des opérateurs sur le terrain, d'activer la communication bidirectionnelle avec les citoyens qui ont envoyé des informations sur les canaux télématiques mis en place et avec les opérateurs afin de gérer la crise avec ponctualité et professionnalisme. (Ex. la réception d'une position GPS peut conduire à la position exacte de l'utilisateur dans le besoin sur le territoire).

Le flux opérationnel de communication bidirectionnelle retournera au point 3 à la fin de la crise.

2.1.4.4. Considérations sur la conception du module intégratif

Une analyse technologique et opérationnelle du module intégratif élaboré dans le cadre du projet PRODIGE, tout comme cela a déjà été dit plus haut, dénote des aspects positifs en termes d'avantages et d'utilité pour la gestion des crises et des aspects, au contraire, désavantageux du point de vue technologique et opérationnel pour les opérateurs de secours et de gestion d'événements catastrophiques.

LES POUR

L'intégration de données venant de différentes sources (réseaux sociaux, smartphones et dispositifs mobiles, registres de stations radio de base du trafic de téléphonie mobile) permet de passer à une nouvelle stratégie

de communication avec les personnes présentes sur le territoire objet de la crise, en les faisant devenir des capteurs locaux et des sources de données.

Certains des modules utilisés dans la conception sont faciles à exploiter par les opérateurs, sans besoin de formation spécifique. Les applications Web de WhatsApp et de Telegram sont simples à utiliser et rendent la communication bidirectionnelle avec les citoyens rapide et ponctuelle. La possibilité de recevoir les positions GPS pour le géo-référencement des dispositifs mobiles permettra une gestion rapide de la crise pour les utilisateurs ayant besoin de secours.

L'analyse des réseaux sociaux permettra de récupérer des informations et, en même temps, de partager des indications et des nouvelles de la part de la cellule de crise pour gérer les problématiques urgentes.

Les médias, les photos et les vidéos, diffusés via les applications de réseaux sociaux et de messagerie, analysés par le biais d'un logiciel de nettoyage de l'image, pourront repérer des informations utiles.

LES CONTRE

L'échange bidirectionnel avec les citoyens capteurs locaux nécessite d'une connexion Internet sur le territoire objet de la crise. La criticité pourrait être résolue par la création d'une « bulle Wi-Fi » avec connexion par satellite.

2.1.4.5. Technologies adoptées pour la réalisation du module intégratif et leur utilisation en France

Matériel de transmissions satellitaires destiné aux communications lors d'opérations de secours

Au sein du Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes de Haute-Provence (SDIS 04), l'organisation courante des communications entre une zone d'intervention et le centre opérationnel départemental d'incendie et de secours (CODIS 04), situé à Digne-les-Bains, se fait par faisceau hertzien.

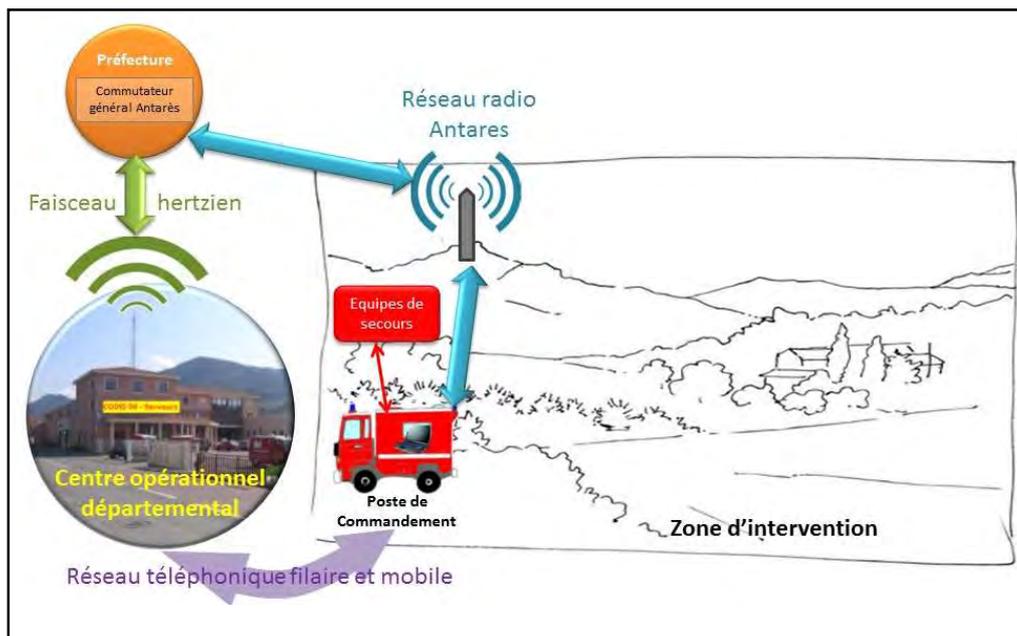


Figura 38: Organisation courante des communications entre la zone d'intervention et CODIS 04, lors d'opérations de secours

Dans le cadre du projet PRODIGE, le SDIS 04 a fait l'acquisition d'un ensemble de matériels destinés à rendre autonome ses communications :

- lors d'opérations situées en zones blanches ;
- en cas de défaillance des moyens de communication terrestres tels que le réseau GSM, mais aussi et surtout, le réseau ANTARES.

Ces matériels, intégrés dans un module transportable par voie terrestre (véhicule 4x4 dédié ou autre) ou par voie aérienne (caissons slingables ou chargeables dans un aéronef), offrent au SDIS 04 plusieurs moyens de communications via le satellite KA-SAT :

- accès internet public ;
- accès au réseau informatique du SDIS 04 (serveurs administratifs) ;
- accès au réseau téléphonique du SDIS 04 (PABX et répertoire).



Figura 39: Matériel, intégrés dans le module transportable

D'autres matériels permettent une amplification du réseau GSM en cas de faiblesse sur le secteur d'intervention (ampli 3G/4G).



Figura 40: organisation des communications entre la zone d'intervention et CODIS 04, lors d'opérations de secours situées soit en zone blanche, soit dans une zone sinistrée où les réseaux GSM et Antares sont défectueux

La liaison entre les zones d'intervention et le CODIS 04

La liaison se compose de 2 segments : un segment spatial et un segment terrestre.

Le segment spatial :

Le segment spatial, loué par le SDIS 04 pour assurer ces accès, se fait via le satellite Européen KA-SAT. La société ADISTA est le fournisseur d'accès pour ce segment. L'abonnement pour le segment spatial regroupe les caractéristiques suivantes :

- volume de données : 60 Go mensuels (lissés sur l'année) ;
- débit descendant : 20 Mbts ;
- débit montant : 4 Mbts ;
- latence 700 ms ;
- gigue : 10 ms ;
- taux de pertes : 0,8 %.



Figura 41: le segment spatial

Le segment terrestre :

Le segment terrestre loué par le SDIS 04 pour assurer le lien vers ses installations techniques sur le site de la Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours (DD SIS 04), à Digne-les-Bains, se fait via un lien SDSL. La société ADISTA est le fournisseur d'accès pour ce segment. L'abonnement pour ce segment présente les caractéristiques suivantes : SDSL 4 Mo.

Les liaisons sur le terrain

Les différents intervenants et acteurs du terrain disposent de différentes possibilités de connexions pour émettre et recevoir des informations / données : des connexions filaires ou Wifi, ainsi que la téléphonie.

Les connexions filaires ou Wifi :

Dans le poste de commandement (PC), les ordinateurs opérationnels sont connectés en Wifi à un serveur de données.

Dans la périphérie du PC (50 m sans antenne, 150 à 200 m avec antenne omnidirectionnelle), les acteurs peuvent se connecter via un routeur Wifi.

La téléphonie :

- liaison filaire : le PC peut se raccorder via le réseau téléphonique existant en se branchant sur une installation téléphonique privée ou publique ;
- liaison DECT : 6 DECT sont à disposition des acteurs dans un périmètre de 100 m du boîtier situé dans le module satellite. Ces DECT, via la connexion satellite, fonctionnent comme des téléphones sur le site de la Direction Départementale (DDSI 04) ;

un ampli 3G/4G permet d'accrocher le réseau des opérateurs lorsqu'il est faible.

2.2. Les sessions de formation et de communication

Le projet PRODIGE a cherché à maximiser les impacts sur le territoire, en valorisant les résultats obtenus et en les mettant à la disposition de tous les opérateurs intéressés, notamment, de ceux chargés de la gestion des crises (Protection civile, police, croix rouge, sapeurs-pompiers, autorités locales, etc...) et les citoyens habitant dans les zones transfrontalières Italie-France.

La plate-forme a été présentée aux opérateurs techniques italiens et français par le biais de cycles de séminaires au cours desquels les modalités d'utilisation, les fonctionnalités, les potentialités dans le domaine de l'entraînement des opérateurs et d'interaction avec les citoyens habitant dans les zones transfrontalières ont été spécifiées.

Ont également été réalisées des sessions de formation pour intéresser et sensibiliser la population, supportées par des simulations virtuelles ouvertes à la participation des citoyens afin de responsabiliser et d'impliquer activement les résidents des zones à risque.

Les simulations ont eu pour but de sensibiliser les citoyens par des représentations réalistes, renforçant la culture de la prévention des risques et en attirant d'aspirants bénévoles pour la protection civile, augmentant ainsi le nombre de personnes actives dans le cadre de la prévention des risques.

Se sont tenues aussi des sessions de divulgation, comme, notamment, avec les autorités locales et un congrès final du projet, l'objectif étant de créer une prise de conscience et une sensibilisation sur le thème de la prévention des risques.

Ont également été réalisés divers instruments de communication, comme un site Internet, des brochures, des dépliants, des banderoles, une vidéo explicative, etc...

Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les sessions de formation et de communication qui se sont tenues durant la période de la durée du projet PRODIGE.

2.2.1. Exercices pratiques à Cuneo avec les sapeurs-pompiers

Mardi 4 avril 2017, auprès du Centro di Educazione Ambientale Transfrontaliero La Casa del Fiume à Cuneo, s'est tenu un séminaire sur la présentation de la plate-forme virtuelle transfrontalière réalisée dans le cadre du projet PRODIGE.

La rencontre, coordonnée par la municipalité de Cuneo avec les interventions techniques du SiTI, s'adressait notamment aux opérateurs du Centre de commande provincial des sapeurs-pompiers de Cuneo et a vu la participation de représentants du Centro commun de recherche de la Commission européenne, Unité Disaster Risk Management.

Après une introduction générale par le chef de file, les objectifs de PRODIGE ont été présentés aux participants, projet qui représente une vision stratégique innovante pour la gestion des crises qui impliquent la zone transfrontalière entre l'Italie et la France, sur la base de technologies pour la réalité virtuelle et de protocoles pour le partage des données selon les normes européennes.

Y ont été décrits plus en détail le fonctionnement technique et les potentialités de la plate-forme transfrontalière de réalité virtuelle réalisée dans le cadre du projet.



Figure 42: Séminaire de présentation de la plate-forme virtuelle transfrontalière

Au terme du séminaire, s'est tenue auprès du Parc fluvial Gesso et Stura une activité démonstrative sur l'utilisation de drones comme aide aux opérations de secours, réalisée par les soins de la Direction régionale des sapeurs-pompiers du Piémont, sous la coordination de l'ingénieur Ferdinando D'Anna, responsable régional de secours des sapeurs-pompiers.

La journée a vu la participation de nombreux opérateurs issus de tous les Centres de commande provinciaux du Piémont ainsi que de Ligurie ; pour le Centre de commande provincial de Cuneo, était présent le vice-commandant et architecte Gian Carlo Paternò.

À proximité de la zone de relax du Parc fluvial, a été effectué un vol de démonstration avec un drone à aile fixe pour la réalisation d'un relevé photographique finalisé à la modélisation en trois dimensions du territoire au sol. L'initiative faisait partie d'une formation de deux jours, mise en place dans le cadre des activités d'innovation du secteur SAPR (Systèmes aéromobiles à pilotage à distance) des pompiers : en effet, les drones (à aile fixe et tournante) sont utilisés de plus en plus pour aider les opérateurs sur le terrain, lors des opérations de secours et de gestion des crises.



Figure 43: Activité démonstrative sur l'utilisation de drones comme aide aux opérations de secours

2.2.2. ThinkUp for Disability

Le jeudi 11 et le vendredi 12 mai 2017, s'est tenu auprès du siège de SITI (Turin), l'événement *ThinkUp for Disability* [37], un hybride de business game et de hackathon dans l'objectif de concevoir des dispositifs portatifs améliorant la vie des personnes handicapées.



Figure 44: Affiche ThinkUp

Plus de trente étudiants universitaires, subdivisés en sept équipes, ont travaillé à inventer des solutions innovantes applicables à travers des technologies portatives. Certains mentors sélectionnés, dont le président UICI (Unione Italiana Ciechi ed Ipovedenti - Union italienne pour les non-voyants et mal-voyants), Franco Leporte, et le responsable du Comité informatique, Alessio Lenzi, ont apporté leur contribution au développement d'idées, en traçant un portrait des handicaps (surtout concernant les aspects liés à la vie quotidienne et à la mobilité). Au bout de dix heures de travail sans interruption, les participants ont préparé des diapos récapitulant leur propre projet pour les présenter le matin suivant. Au terme de la présentation, un jury pluridisciplinaire, composée des mentors et d'experts, a récompensé la meilleure solution.

Le projet vainqueur s'appelle « Bel2go », une ceinture vibrante reliée à un smartphone pour la mobilité des handicapés visuels. Cet outil a pour but de faciliter leurs déplacements, surtout à l'intérieur de grandes structures comme des hôpitaux et autres bâtiments publics, préalablement cartographiés. En interagissant avec des capteurs spéciaux placés le long du trajet, le dispositif guide le non-voyant en lui permettant d'identifier les points intéressants. Les indications sont transmises soit à travers les vibrations de la ceinture soit sous forme d'audio, par le biais du smartphone. Pour la localisation, est utilisé un système d'accéléromètres et de gyroscopes placés à l'intérieur de la ceinture [38].

D'autres exemples de technologies portatives sont les dispositifs utilisés pour la réalité virtuelle, soit les head-mounted displays. Le projet PRODIGE a donc donné aux étudiants des points de départ pour une conception focalisée sur les handicapés. Et notamment, les technologies portatives peuvent être utiles aux opérateurs chargés des secours afin de définir des protocoles et des procédures visant à accroître la capacité

de tenir compte de problématiques ultérieures auxquelles les personnes handicapées sont amenées à devoir faire face en cas de crise.

2.2.3. Libro Profugo au Salon international du livre

Du 18 au 22 mai 2017, le projet PRODIGE a participé, par le biais d'un stand dédié, à la XXXe édition du Salon international du livre de Turin [39]. Ont été présentés au public les technologies et les outils utilisés dans le cadre du projet et une vaste visibilité a été donnée à l'innovante plate-forme transfrontalière basée sur la réalité virtuelle pour la formation des opérateurs de la protection civile italiens et français.

Les technologies de la réalité virtuelle utilisées dans le projet PRODIGE peuvent être employées - en plus que dans la gestion des crises - aussi pour la protection du patrimoine artistique : elles permettent de conserver la mémoire et l'exploitation de sites détruits par des catastrophes naturelles ou des attentats et ouvrent la voie à de nouvelles perspectives dans le domaine de la restauration conservatoire et de reconstruction.



Figure 45: Stand PRODIGE

Au Moyen-Orient, est en cours un « génocide culturel ». Destruction d'œuvres d'art, de symboles des civilisations qui, depuis des siècles, étaient présents sur ces territoires, ainsi que de leur cohabitation pacifique. Est particulièrement inquiétante la perte du capital humain, précieux pour les compétences qu'il exprime et grave pour l'interruption du cycle de formation et d'instruction d'une génération entière.

Dans cette optique, afin de démontrer l'applicabilité des technologies utilisées dans PRODIGE aussi au domaine du Cultural Heritage, le chercheur du SiTI, Francesco Moretti, s'est rendu dans la ville de Qaraqosh

(Irak), la plus grande ville chrétienne de la Plaine de Ninive qui comptait, avant la guerre et de l'occupation d'août 2014, environ 50 000 habitants. La ville a été entièrement détruite et les églises ont été des victimes privilégiées, nombreuses sont celles qui ont été brûlées, tout comme les maisons des prêtres ou d'exposants de relief de la communauté chrétienne. Des centaines de livres et de manuscrits sacrés ont été détruits.

Dans ce contexte, des photos à 360° ont été réalisées de certaines églises et de maisons détruites par Daesh et par les bombardements des américains. Ont été réalisées deux visites virtuelles et une vidéo à montrer au public par le biais de Cardboard et ajoutées à la section Actu sur le site Internet de PRODIGE [40] pour en augmenter le nombre de visites. L'un des sites photographiés est l'église Sainte-Marie Immaculée, la plus grande église chrétienne de tout l'Irak, aujourd'hui, fortement endommagée après aux 25 mois d'occupation. Peu avant de quitter la ville, certains prêtres ont pu sauver divers volumes en les cachant sous l'escalier muré de leur habitation : ainsi, les manuscrits ont pu survivre. Avec la libération de la ville, tous les livres ont été retrouvés et transférés en lieu sûr.



Figure 46: Cour de l'église Sainte-Marie Immaculée

L'un des plus anciens manuscrits conservés dans l'église Sainte-Marie Immaculée (remontant probablement au XVI^e siècle) a été récupéré et exposé au stand pendant toute la durée de l'événement. Il s'agit d'un ouvrage dédié au rite liturgique et aux prières de l'église syriaque-catholique, composé de 116 pages sur papier, avec une couverture en bois et en cuir, écrit en langue aramique avec des caractères syriaques et enrichi de certaines illustrations avec des symboles religieux, en partie endommagées.



Figure 47: Manuscrit, détail de la couverture



Figure 48: Manuscrit, détail d'une illustration et du texte



Figure 49: Manuscrit, détail d'une illustration et du texte

Ce texte a été nommé « Libro Profugo » (Livre Réfugié), car il a été sauvé de la dévastation de la guerre et amené en Italie, où il a pu être restauré par l'Institut central pour la restauration et la conservation du patrimoine d'archives et livresque qui en étudiera les contenus et le resituera dans sa période historique. Au terme de cette revalorisation, l'ouvrage retournera au FOCSIV qui le ramènera à l'Archevêché de Mossoul, qui en est le légitime propriétaire.



Figure 50: Libro Profugo au stand PRODIGE

Le support du Focsiv (Fédération des Organismes Chrétiens Service International Bénévole) et de la 3e équipe de l'Aviation militaire ont été fondamentaux pour le transfert et la récupération du manuscrit.

2.2.4. Exercices pratiques à Digne-les-Bains

Avec le projet PRODIGE, de nouveaux outils ont été développés et sont désormais à la disposition des acteurs de la gestion de crise franco-italiens :

- des matériels améliorant l'échange et le traitement d'informations entre le poste de commandement situé sur la zone d'un sinistre et le centre opérationnel départemental d'incendie et de secours ;
- des scénarios de formation en réalité virtuelle immersive pour les acteurs de la chaîne de commandement;
- un système pour communiquer avec la population lors d'évènements de sécurité civile.

Afin de faire découvrir ces outils innovants à leurs utilisateurs potentiels, le Service départemental d'incendie et de secours des Alpes de Haute-Provence (SDIS 04) a organisé des exercices de démonstration, le jeudi 22 juin 2017, à la Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours, située à Digne-les-Bains.

Exercice de démonstration des outils opérationnels

La première partie de la matinée a été consacrée à la présentation du projet PRODIGE dans sa globalité (objectifs, consortium, budget, activités, ...) puis à la description, en salle, des outils opérationnels suivants :

- matériel de transmissions satellitaires permettant de créer une bulle de transmission, en wifi, sur le terrain d'une catastrophe, lorsque les infrastructures de communication sont altérées ;
- système complet permettant l'analyse et la supervision des évènements de grande ampleur, avec une interaction accrue entre le terrain et la salle de crise départementale : logiciel Cartotactic de partage de la situation tactique, matériel de visioconférence, table tactile et murs d'images ;
- plateforme de réalité virtuelle "Enhanced Virtual Environment" (EVE) permettant de simuler un évènement de grande ampleur pour la formation et l'entraînement des intervenants.

Durant la seconde partie de la matinée, un exercice de démonstration mettant en œuvre simultanément l'ensemble de ces outils a été réalisé, en collaboration avec le SDIS 05.



Figure 51: Présentation du projet aux opérateurs

Le scénario de l'exercice

Le Riou Sec, en crue torrentielle sur la commune de Saint-Paul-sur-Ubaye, a emporté une berline alors qu'elle empruntait un pont enjambant le cours d'eau.

Le véhicule est bloqué au milieu de l'ouvrage, contre le garde-corps, en bascule, et le conducteur est bloqué à l'intérieur, sans possibilité de s'extraire. La puissance de l'eau l'empêche d'ouvrir la portière.



Figure 52: Scénario Saint-Paul-sur-Ubaye

Secours engagés par voie terrestre par le Centre de Traitement de l'Alerte – Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours (CTA – CODIS) :

- 1 véhicule de secours et d'assistance aux victimes ;
- 1 camion citerne feux de forêt ;
- 1 véhicule léger Utilitaire, avec 2 équipiers de secours aquatique ;
- 1 poste de commandement.

Du fait de cet évènement climatique, les communications entre la zone d'intervention et la salle de crise départementale du CTA-CODIS ne peuvent se faire via les canaux de communication habituels. Il est donc décidé d'engager également le véhicule de transmissions satellitaires afin de mettre en place une bulle wifi. Cette dernière permet de rétablir les communications entre le poste de commandement situé sur les lieux du sinistre et la salle de crise départementale du CTA-CODIS.

L'exercice a été organisé autour de **3 pôles**, tous situés sur le site de la Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours des Alpes-de-Haute-Provence :

- **le lieu d'intervention** a été reproduit au moyen de la **plateforme de réalité virtuelle "Enhanced Virtual Environment"**, dans une salle du rez-de-chaussée. Les participants ont pu y visualiser la crue torrentielle, le véhicule accidenté avec la victime piégée, ainsi que les actions des équipes de secours. Le chef d'agrès de chaque engin engagé était présent dans la salle pour diriger son équipe. Chacun échangeait par radio avec le commandant des opérations de secours, qui se rendait tour à tour au poste de commandement et sur le lieu des opérations ;



Figure 53: Simulation de formation avec le scénario de Saint-Paul-sur-Ubaye

- **un poste de commandement** (PC), normalement positionné à proximité de la zone d'intervention, a été installé dans la cour de la Direction Départementale. Il s'agissait d'un PC de dernière génération, mis à disposition par le SDIS 05 afin d'en faire la démonstration aux participants. Il était équipé d'un ordinateur du SDIS 04 avec écran tactile afin d'utiliser le logiciel Cartotactic. Celui-ci a permis de schématiser la situation tactique et de la partager en temps réel avec le CTA-CODIS. Le matériel de visioconférence du SDIS 04 a également été mis en place dans ce PC afin que le commandant des opérations de secours et les officiers du CTA-CODIS puissent avoir des échanges faciles et de qualité. **Le véhicule de transmissions satellitaires**, acquis dans le cadre de PRODIGE, a également été activé pour cet exercice et positionné à proximité immédiate du poste de commandement ;



Figure 54: Véhicule de transmission par satellite

- la salle de crise départementale du CTA-CODIS, qui est située au 1^{er} étage de la Direction Départementale. Elle dispose d'une table tactile dotée du logiciel Cartotactic, en liaison avec l'ordinateur du PC, équipé lui aussi de Cartotactic. Tous deux affichent en temps réel des informations identiques pouvant être complétées tant depuis le PC que depuis la salle de crise. Les images de cette table tactile peuvent être partagées par l'ensemble des intervenants.



Figure 55: Opérateur au poste de travail

Cette organisation de l'exercice en 3 pôles situés sur le site de la Direction Départementale des Services d'Incendie et de Secours avait pour objectif d'avoir tout à la fois une unité de lieu, et d'offrir au public une vision d'ensemble des opérations ainsi que des matériels mis en œuvre simultanément sur la zone du sinistre et au CTA-CODIS.

Le public de l'exercice a été réparti en 3 groupes, conduits tour à tour sur ces 3 zones d'exercice. Ainsi organisés, les participants ont reçu des explications détaillées sur les actions en cours et ont observé le déroulement des opérations à la fois selon le point de vue "terrain" et selon le point de vue "salle de crise départementale". Le fonctionnement des différents outils leur a été détaillé, leur permettant d'en mesurer l'intérêt et d'en apprécier l'interconnexion en temps réel. Le SDIS 04 avait associé les sociétés CRISE et

Intergraph, qui ont développé le simulateur EVE et le logiciel Cartotactic, afin de délivrer aux participants une information technique de qualité.

Exercices de démonstration du simulateur "Enhanced Virtual Environnement"

Dans la prolongation de cette première manœuvre, des exercices de démonstration du simulateur "Enhanced Virtual Environnement" (EVE) ont été organisés durant l'après-midi afin que les participants :

- découvrent les autres scénarios de formation et d'entraînement disponibles ;
- puissent tester l'utilisation des casques **de réalité virtuelle** associés à la plateforme EVE.

Ils ont ainsi pu apprécier la sensation d'immersion dans les scénarios apportée par l'utilisation de ces terminaux. Les participants ont également mesuré le réalisme des scénarios lié à l'incorporation, lors de la création des décors, de scans laser du terrain et de photographies aériennes. Enfin, ils ont pu constater la polyvalence de cet outil d'entraînement de la chaîne de commandement, **en découvrant la multitude de situations pouvant être simulées.**



Figure 56: Opérateur avec head-mounted display

Test de mise en œuvre de l'application "Field Reporting Tool"

Durant la seconde partie de l'après-midi, un test de mise en œuvre de l'application "Field Reporting Tool", destinée à améliorer la coordination des équipes de terrain, a été réalisé avec le concours conjoint de l'équipe départementale de Sauvetage Déblaiement du SDIS 04 et des Sapeurs-Pompiers de Turin (Vigili del fuoco di Torino).



Figure 57: Field Reporting Tool sur smartphone

Cette équipe binationale a mené à bien un exercice expérimental de recherche de personne, en collaboration avec le laboratoire de Gestion de crise du Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne, qui a développé l'application.

Cette dernière permet la géolocalisation des intervenants ainsi que la collecte d'informations et de photos géoréférencées lors d'opérations.

Chaque secouriste a été équipé d'un Windows phone doté de l'application et relié à internet par l'intermédiaire de la bulle wifi générée par le véhicule de transmissions satellitaires du SDIS 04.

La localisation des secouristes, leurs commentaires et leurs captures d'images ont ainsi pu être transmises en temps réel sur un site intranet dédié, réservé aux intervenants et à la chaîne de commandement. Durant l'exercice, ce site était affiché dans la salle de crise départementale du CTA-CODIS, via la table tactile et le mur d'images acquis dans le cadre de PRODIGE. Cela a permis, au public de l'exercice et aux officiers du CTA-CODIS, de partager en temps réel les mêmes informations.



Figure 58: Démonstration de l'application

Ils ont pu découvrir les potentialités de cet outil et en apprécier tout l'intérêt, que ce soit pour les opérations de recherche de personnes égarées et de sauvetage déblaiement, auxquelles cette application est initialement destinée, mais également pour d'autres opérations d'ampleur (incendies de forêt, inondations, etc.), dont le secteur d'intervention est très étendu et requiert le concours simultané de nombreuses équipes de secours.

En outre, cet exercice a mis en exergue, une nouvelle fois, l'intérêt majeur de disposer de matériel de transmissions satellitaires afin de créer une bulle de communication sur le terrain des opérations en l'absence de réseaux, comme c'est le cas dans de nombreux secteurs du département (haute montagne et autres zones non urbanisées reculées) ou lorsque les réseaux sont altérés.

Présentation du système de la Ville de Turin pour l'alerte de la population

Enfin, la Police municipale de la Ville de Turin a présenté la plateforme qu'elle a développée dans le cadre de PRODIGE afin d'alerter les citoyens situés dans une zone touchée par une catastrophe.

Ce système permet, par l'intermédiaire des opérateurs italiens de téléphonie, de localiser ces personnes grâce à leur mobile, puis de leur transmettre des informations sur la conduite à tenir et sur l'évolution de la situation.



Figure 59: Présentation pour l'alerte des citoyens

Bilan de cette journée de démonstrations

A l'issue de ces démonstrations, les 47 participants (élus, services de l'Etat et Sapeurs-pompiers de la zone Alcotra) ont échangé sur les atouts et les diverses applications possibles de ces nouveaux outils de gestion de crise. Ils ont conclu que la collaboration franco-italienne menée dans le cadre de PRODIGE était très fructueuse et contribuerait à apporter une **réponse transfrontalière de gestion de crise** plus efficace lors de futurs événements de grande ampleur.

2.2.5. Exercices pratiques à Turin

Les sessions de formation organisées dans le cadre du projet PRODIGE ont mis en évidence le haut potentiel de la réalité virtuelle comme instrument capable de renforcer l'efficacité des mécanismes d'apprentissage, notamment, dans le domaine de la sécurité et de la gestion des crises, en réduisant sensiblement le coût des exercices pratiques et en permettant l'introduction d'éléments supplémentaires de difficulté en cours de route (changement de direction du vent, explosions localisées, écroulement de bâtiments, etc...). En plus de ces éléments, les scénarii virtuels peuvent être associés à d'autres instruments permettant l'analyse du stress psycho-physique des candidats (ex. : bracelets qui mesurent la température et le pouls) et fournir un cadre plus approfondi sur leurs aptitudes d'apprentissage. Enfin, la réalité virtuelle permet l'interaction simultanée de forces issues de divers milieux spécialisés (samu, protection civile, police, etc...) ainsi que de divers pays, éliminant ainsi non seulement les barrières transfrontalières mais aussi les limites européennes et mondiales. Dans le futur, la protection civile pourrait, par exemple, décider de partager ses propres capacités et son expertise en enseignant « sur le terrain » (virtuel) à la protection civile allemande/d'Amérique du Sud/thaïlandaise, par le biais d'une simple interconnexion des opérateurs via les casques et le réseau, et, apprenant, à son tour, les points forts respectifs des autres pays.

Les développements de cette technologie résultent donc extrêmement prometteurs. Les résultats atteints dans le cadre du projet PRODIGE constituent la première étape vers une nouvelle conception de la formation amenée à être de plus en plus répandue dans les années à venir. Il est évident que, actuellement, la réalité virtuelle ne peut se substituer entièrement aux exercices sur le terrain mais il est également vrai que réitérer un scénario virtuel avec une fréquence journalière peut déjà donner, et ce, dès maintenant, un niveau de préparation très élevé aux opérateurs, à des coûts pratiquement inexistantes. Une fois sur le terrain, les opérateurs maîtriseront à la perfection les procédures, les véhicules, les équipements et le territoire et sauront comment se coordonner entre eux in situ, valorisant au maximum les diverses spécialisations techniques en jeu.

Formation pour la protection civile et la Municipalité de Cuneo

Le 6 et le 7 septembre 2017, deux journées de formation ont été organisées à l'adresse de la protection civile et des techniciens de la Municipalité de Cuneo, avec l'aide de la plate-forme PRODIGE et, notamment, de l'équipement technologique disponible auprès des locaux du SITI (VR Lab et Auditorium).

Ces deux journées ont vu le déroulement de sessions de formation théorique sur la technologie de la réalité virtuelle, alternées à des sessions de formation pratique sur la gestion des crises et sur les procédures de protection civile, et, notamment, sur celles liées à l'évacuation et la mise en sécurité de la zone de crise. L'ingénieur Migliorini et Mme Filieri du SITI ont joué le rôle de « formateurs » pour, respectivement, les deux sessions théorique et pratique.



Figure 60: Sessions de formation pour la protection civile et la Municipalité de Cuneo

Les sessions de formation ont vu la simulation, dans un environnement virtuel, de la crue du parc fluvial Gesso e Stura (Cuneo) du point de vue d'un membre de la protection civile auquel il était demandé de mettre correctement en place les procédures d'évacuation de la zone, de bloquer les accès et de secourir les blessés.

La réalité virtuelle a permis de « faire vivre » l'événement personnellement à chaque opérateur et de mettre en pratique les actions d'intervention. La démonstration a recueilli des avis positifs et des suggestions importantes en vue de l'implémentation de nouveaux scénarii comme, par exemple, la formation avancée sur l'emploi de véhicules et d'équipements spéciaux (pompes de drainage, véhicules de secours, et...).

Formation pour la police municipale

Le 8 septembre 2017, une journée de formation s'est tenue et a été consacrée aux agents de police : y sont intervenues, notamment, la police municipale de Turin, Orbassano, Volvera, Vinovo, Chivasso, Romano Canavese et Scarmagno. La formation s'est concentrée sur les opérations d'évacuation et la mise en sécurité de la zone du Parc Dora suite à une alarme diffusée à travers la radio locale concernant l'arrivée imminente d'un nuage toxique sur place, justement alors qu'un concert était en cours. Le scénario en réalité virtuelle a permis aux opérateurs de localiser les personnes présentes au concert et de les conduire dans des zones sécurisées, en opérant dans une reproduction virtuelle parfaitement fidèle du Parc Dora.

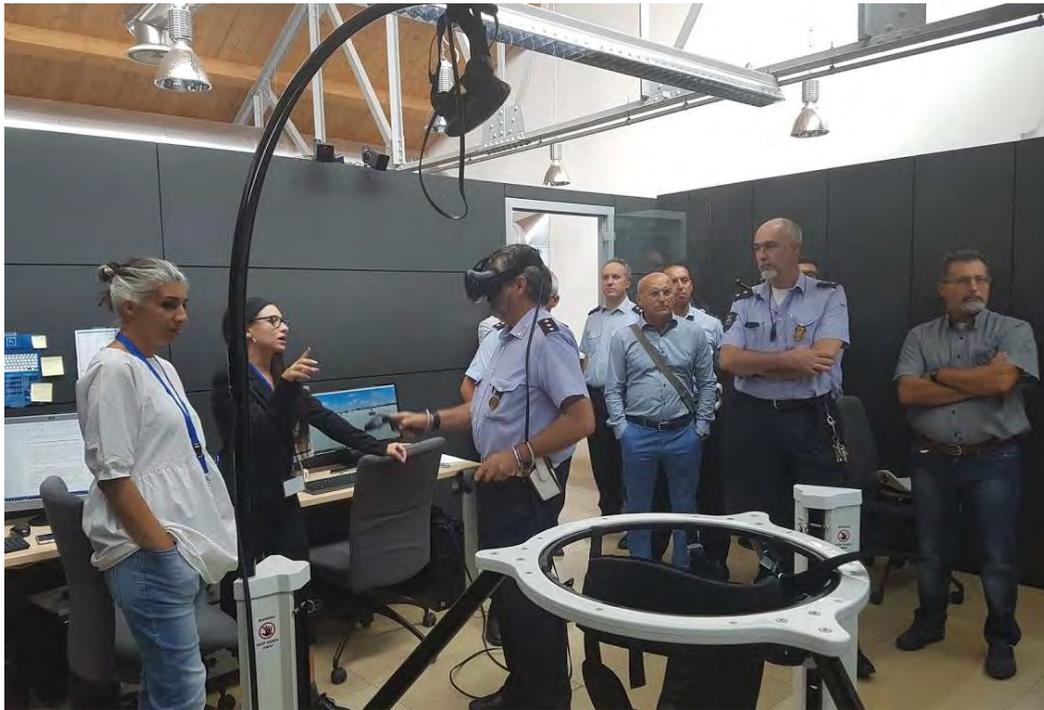


Figure 61: Sessions de formation pour les forces de l'ordre

Formation pour l'Aviation militaire

Le 13 septembre 2017, une journée de formation technique s'est tenue et a été dédiée aux spécialistes de l'Aviation militaire. Le scénario présenté simulait un accident dans un aéroport, impliquant l'intervention d'opérateurs de lutte à l'incendie et du CBRN.



Figure 62: Sessions de formation pour l'Aviation militaire

3. Opportunités stratégiques pour le futur

3.1. Synergie avec les outils Emergency Management développés par le JRC d'ISPRA

Au sein du projet PRODIGE, le JRC (Joint Research Center – European Commission) a testé l'utilisation de la plate-forme de communication Field Reporting Tool (FRT), aux côtés du SDIS 04 (Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes de Haute-Provence).

L'outil a été utilisé pour la simulation de recherche de personnes égarées et de sauvetage, et intégré à d'autres technologies développées dans le cadre du projet PRODIGE et a fait l'objet d'une démonstration par le SDIS 04, à Dignes.

En juin 2016, le JRC et les sapeurs-pompiers italiens ont signé un accord de collaboration dont les principaux objectifs sont les suivants

- Recueillir des données scientifiques permettant de mieux comprendre le processus impliquant la gestion des informations de crise, à partir de leur première notification jusqu'à leur constatation sur le terrain, sans oublier leur résolution.
- Améliorer la coordination et l'efficacité des efforts de coopération entre les organes opérationnels concernant la protection civile et le JRC pour ce qui est de la gestion de la crise.
- Promouvoir un intérêt réciproque et une coopération en matière de compréhension et de problématiques de résolution des problèmes portant sur l'expérience des utilisateurs et l'efficacité des interfaces homme-machine.

Pour atteindre ces objectifs, il a été décidé de mettre en œuvre les actions suivantes:

- Développement conjoint d'approches innovantes et abordables pour améliorer la distribution des activités et la gestion d'un poste de commande. Les sapeurs-pompiers italiens mettront ce développement à la disposition du JRC afin d'en promouvoir l'adoption par ses États membres.

- Échange d'informations technologiques et scientifiques appropriées, à travers le test sur le terrain des solutions logicielles développées, au moins trois exercices pratiques pour évaluer la validité du logiciel fourni par le JRC. Cette activité inclut l'étude du paradigme de la cellule de crise mobile (implémentations actuelles et futures)
- Harmonisation de la représentation des informations et l'échange et la promotion des méthodes en découlant aux utilisateurs finaux sur le plan international.

L'outil Field Reporting Tool, désigné ci-après « FRT », a été développé pour fournir aux premiers opérateurs intervenant sur le terrain la capacité de partager les informations recueillies in situ, avec facilité et rapidité, avec deux grands points-clés:

- Les informations doivent être géo-référencées. Ceci n'a pas que pour but d'offrir un affichage plus efficace : mais cela permet également d'améliorer la gestion des ressources déployées sur le terrain, sans besoin d'activité spécifique de la part des opérateurs, mais comme partie naturellement incluse dans les opérations qu'ils mettent en œuvre.
- Les informations doivent être utiles en termes de contenus multimédias, offrant une meilleure connaissance à distance de la situation.

Reposant sur les expériences précédentes, l'implémentation des références inclut des fonctionnalités supplémentaires comme :

- Le pistage : grâce aux informations GPS, il est possible de tracer toutes les activités des utilisateurs, soit, par extension, des opérations mises en œuvre sur le terrain. Ceci offre les moyens d'améliorer la qualité des activités de recherche de personnes égarées et de sauvetage.
- La génération automatique de rapports : toutes les informations recueillies sont reportées dans un modèle et utilisées pour fournir un rapport provisoire des activités mises en œuvre.
- L'interopérabilité avec d'autres systèmes est obtenue à travers la capacité d'importer et d'exporter les données dans les formats de données les plus utilisés.

En août 2016, l'Italie a été victime d'un tremblement de terre en pleine nuit. La gestion des premiers opérateurs intervenant sur le terrain a été d'autant plus difficile qu'il était impossible d'avoir une idée précise de l'emplacement des équipes déployées. L'absence d'électricité a empêché d'identifier les lieux touchés et, par conséquent, la cellule de crise savait peu des villages concernés par le tremblement de terre ; résultat, il est apparu évident que les équipes avaient besoin d'une façon de fournir aisément ces informations tout en intervenant sur le terrain et en prêtant les premiers secours à la population touchée.

À cette époque, les développements du FRT étaient déjà à un niveau bien avancé, basé sur des exigences clairement définies :

- Géolocalisation : toutes les activités réalisées par l'opérateur, donc, toutes les données partagées avec les responsables de crise, devaient être fournies avec un géo-référencement
- Multimédia : afin d'aider les responsables de crise à avoir une photo opérationnelle commune, des images, des vidéos et des audios étaient nécessaires pour mieux comprendre la situation de crise
- Facilité d'utilisation : l'application doit fournir une approche rapide et simple de ses principales fonctionnalités. Des fonctions avancées et plus complexes seront ensuite disponibles pour ce qui est de la navigation, des menus et d'autres moyens généraux
- Profil bas : l'application ne doit pas demander l'utilisation de dispositifs spécifiques, coûteux ou fragiles pour fonctionner
- Interopérabilité : la plate-forme doit adhérer aux protocoles et aux formats les plus utilisés afin d'améliorer la capacité de partage d'informations avec d'autres systèmes
- Identité : l'application a besoin d'être reconnue par l'utilisateur comme sienne : par conséquent, l'identité visuelle des utilisateurs doit être mise en place et la plate-forme doit être traduite dans de nombreuses langues de l'UE

Avec les événements, l'utilisateur trouvera toute une série de fichiers multimédias. Celle-ci incluant

- Des photos, enregistrées dans les formats utilisés par les caméras des dispositifs mobiles, présentées sous forme de miniatures que l'utilisateur pourra agrandir. L'utilisateur doit être en mesure d'ajouter un nouvel événement simplement en prenant une photo. Il est possible d'ajouter plus d'une photo à un événement, soit en utilisant la caméra ou en puisant dans la mémoire des dispositifs. Le site Internet pourra ajouter, en superposition, l'heure/date et les coordonnées GPS et, si possible, un logo comme indication de droits de reproduction
- Des sons, en fonction des droits de reproduction, tous les formats ne sont pas disponibles (ex. : les mp3 peuvent faire l'objet de restrictions). Toutes les interfaces utilisateur doivent permettre la fonction de relecture. L'utilisateur doit être en mesure d'ajouter un nouvel événement simplement en enregistrant un son. Il est possible d'ajouter plus d'un son à un événement, soit en utilisant un microphone ou en puisant dans la mémoire des dispositifs.
- Des vidéos, enregistrées dans les formats utilisés par les caméras des dispositifs mobiles, dont l'utilisateur, pour des raisons de poids, devra en limiter le temps d'enregistrement. Toutes les interfaces utilisateur doivent permettre la fonction de relecture. L'utilisateur doit être en mesure d'ajouter un nouvel événement simplement en enregistrant une vidéo. Il est possible d'ajouter plus d'une vidéo à un événement, soit en utilisant une caméra ou en puisant dans la mémoire des dispositifs.

- Des documents, les documents minimum PDF, Word et Excel doivent être compatibles, sachant qu'ils sont pris en charge par tous les smartphones. Il est possible d'ajouter plus d'un document à un événement, en puisant dans la mémoire des dispositifs.

Les interfaces utilisateur seront développées en respectant les bonnes pratiques afin d'en garantir l'exploitabilité et d'en faciliter l'apprentissage. Les zones de pression des commandes seront suffisamment larges afin de pouvoir utiliser le logiciel sans stylo ou stylet, mais pas assez pour l'être avec des gants. Toutes les principales fonctionnalités seront disponibles depuis l'interface principale, y compris :

- Retour à l'affichage de la carte
- Accès à la liste des missions
- Ajout d'un nouvel événement
- Focalisation sur un événement/mission ou sur l'emplacement de l'utilisateur, selon les besoins
- Enregistrement/transfert des données des missions
- Démarrage/arrêt du pistage, si besoin est
- Accès aux options de configuration

L'affichage de la carte permettra d'utiliser les différentes couches de référence, y compris les images aériennes/satellite et les données des routes/géographiques en rendu. Les utilisateurs pourront choisir le type de référence à travers les options de configuration.

Les interfaces utilisateur feront appel aux réglages du système respectant le plus possible les préférences des utilisateurs. Des réglages supplémentaires permettront de choisir le mode d'affichage des coordonnées, en degré décimal ou en degré, minutes et secondes, l'affichage de l'heure en heure locale ou temps universel (UTC)

L'utilisation d'un site Internet comme plate-forme d'informations nécessitera l'utilisation du protocole http(s) pour le transfert des données vers ou depuis l'application mobile. Le transfert des données utilisera les formats xml (georss) et json (geojson), soit les formats de données les plus répandus pour ce type d'utilisation.

Alors que cela n'est pas nécessaire pour les applications mobiles, les formats de données standards seront, quant à eux, pris en charge par la plate-forme. Le site Internet devra fournir les moyens d'exporter les informations dans des formats géographiques standards (GPX, Shapefile, KML/KMZ).

Le site Internet devra également fournir un rapport provisoire contenant toutes les informations d'une mission, cartes et photos comprises. Le document fourni devra être compatible avec un des formats de MS Word et être ouvrable par l'utilisateur pour qu'il puisse le modifier et en étoffer le contenu.

Le prototype développé en collaboration avec l'IFB a été utilisé pour affiner le concept et pour définir quels choix techniques répondent le mieux aux exigences des utilisateurs. Cette plate-forme est capable, avec juste une seule application et une mémoire, d'atteindre tous les dispositifs avec Windows 10.

Afin de pouvoir accéder au dossier d'informations centralisé qui est implémenté par l'application Web même, l'utilisateur doit s'identifier. Cette identification n'est pas nécessaire pour la réalisation d'opérations simples, cependant, l'application demande la confirmation de l'identité de l'utilisateur. Le processus d'identification est basé sur le réseau et il est impossible de le demander pour toutes les utilisations de FRT, sinon la connectivité deviendrait une exigence pour tous les usages : le FRT doit être disponible à tout moment, même en l'absence de connectivité.

C'est pour cette raison, une fois l'identification sur le réseau effectuée, il sera demandé à l'utilisateur de saisir un code PIN pour déverrouiller l'application et pouvoir l'utiliser comme lors de sa dernière connexion. L'utilisateur peut changer d'identité à tout moment en se connectant avec une autre authentification complète.

Tous les moyens de protéger les informations d'accès ont été mis en œuvre : lors de l'utilisation d'un canal ouvert (http), le mot de passe est traité avec d'autres informations, sinon, il est envoyé comme texte lorsque la connexion est cryptée (https).

L'interface utilisateur est structurée autour d'une zone principale qui affiche une carte, les logiciels de navigation d'informations ou encore les réglages. Pour se déplacer d'un écran à l'autre, il suffit de tapoter une ou deux fois sur l'écran.

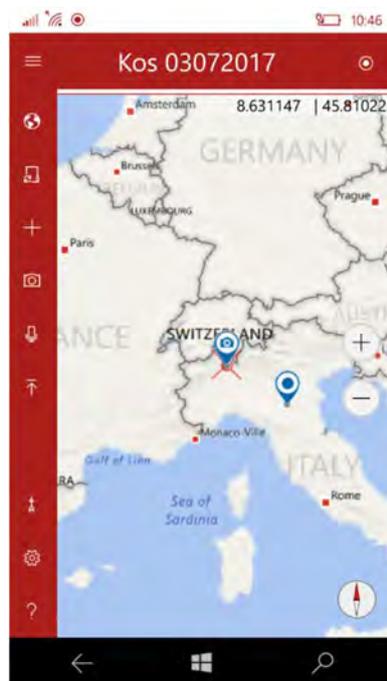


Figure 63: Principale interface utilisateur

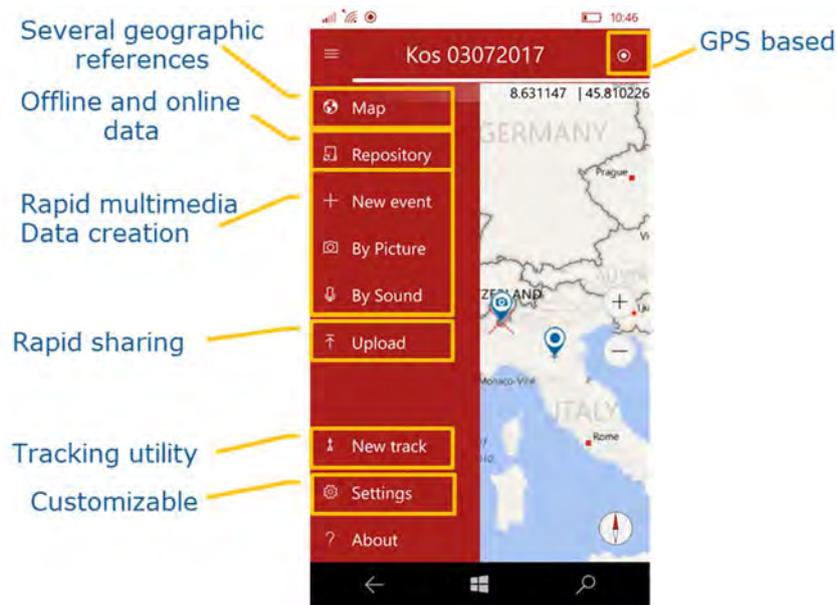


Figure 64 : Interface utilisateur avec menu ouvert et explications

Afin de fournir une référence à l'utilisateur, le menu latéral est auto-explicatif.

La carte affiche les informations liées à la mission en cours, accompagnées de celles que l'utilisateur peut sélectionner, comme les missions précédentes ou la mission d'autres utilisateurs téléchargée sur le serveur. Le format de la mission est suffisamment simple pour accepter d'autres données comme les références géographiques. Toutes les icônes font référence à un événement et montrent clairement si des pièces jointes de type multimédia sont présentes. Les suivis de la mission en cours sont mis en surbrillance avec des couleurs, contrairement à ceux des autres missions. Le symbole d'une croix rouge indique l'emplacement de l'utilisateur. Le cas contraire, l'utilisateur peut ajouter son emplacement sur la carte en utilisant le bouton de service de localisation présent dans le coin supérieur de droite.

L'utilisateur peut accéder au dossier local des missions pour choisir la mission en cours, en créer une nouvelle ou encore accéder à des dossiers à distance. Pour cette dernière opération, une connexion Internet est nécessaire.

Normalement, l'utilisateur se concentre sur une seule mission. L'application Web présentera toutes les informations ensemble, en synchronisant la carte avec la liste sur la gauche. Chacun des événements sera parcouru et mis en évidence sur la carte, et les pièces jointes s'y rattachant affichées et téléchargées. Il faut noter que les photos transférées vers le dossier sont analysées, et leurs informations temporelles et géographiques seront extraites et mis en superposition. Éventuellement, un logo de droits de reproduction peut être ajouté à la photo.



Figure 65: Page d'affichage des missions

Une fonction très importante fournie par l'application Web est celle liée à la capacité d'exporter les contenus des missions dans plusieurs des formats les plus répandus : KML/KMZ, Shapefile, GPX, GeoRSS. L'intégralité de la mission est également téléchargeable sous forme de fichier ZIP.

Reposant sur un modèle MS-Word, il est également possible de générer un rapport provisoire de l'opération. Il inclura toutes les données liées à l'opération, y compris les cartes générales et une fiche de chaque événement, accompagnée de ses informations et des photos qui y sont jointes.

Exercices pratiques

Le jeudi 22 juin 2017, le SDIS 04 a organisé des exercices de démonstration des outils développés dans le cadre du projet européen PRODIGE.

Le matin, les participants ont été invités à suivre les activités de gestion d'un accident de camion qui s'est véritablement produit dans le passé. Cet exercice a été réalisé avec l'équipement pour tester l'échange et le traitement des informations entre le poste de commandement opérationnel situé dans la zone de crise et le Service Départemental d'Incendie et de Secours : cet équipement comprenait un système de transmission (bulle Wi-fi), le logiciel « Cartotactic » pour le partage de la situation tactique, etc...

Le poste de commandement opérationnel est une solution mobile pour la gestion des crises mise en place avec une solution de container et illustrée dans les photos suivantes, où il est possible de voir comment elle se présente à l'intérieur.

La bulle Wi-fi est un moyen fondamental pour fournir la connectivité à une zone de crise : un véhicule est équipé d'une antenne parabolique permettant aux dispositifs de se connecter à Internet via une liaison satellite. Actuellement, cette solution fournit des données et une connexion VOIP mais elle offre déjà un troisième canal pour relayer les communications radio. Le contrat de connexion satellite actuel prévoit un débit de 40 Mo en réception et de 6 Mo en transmission, en accord avec les besoins du SDIS04 et du budget disponible. Plus de débit peut être obtenu en payant plus.



Figure 66: Bulle Wi-Fi

Toutes les activités de FRT étaient surveillées à distance : la connexion était fournie par la technologie de bulle Wi-fi montrée le matin. Même si le site Internet n'a pas réussi à afficher les informations (du fait d'un problème technique résolu le jour suivant), les données ont été échangées avec le poste de commande et tous les utilisateurs ont fortement apprécié les capacités du système.

Un mannequin a joué le rôle de la personne égarée à rechercher.

Durant les opérations de recherche de personnes égarées et de sauvetage, de nombreuses informations ont été collectées et publiées sur le site Internet, même si l'opération n'a duré que quinze minutes : trois textes, huit photos, neuf audios et une vidéo. Toutes les informations collectées ont été mises aussitôt à disposition et ont pu être agrégées par l'application, montrant ainsi dans le détail la zone qui avait déjà été couverte.

Le temps consacré à la démonstration n'a pas permis d'interroger les opérateurs impliqués ou de leur demander de remplir des formulaires d'évaluation. Cependant, durant le débriefing, ils ont fait part de leur appréciation de l'outil, surtout du fait que les informations avaient pu être partagées immédiatement, mais aussi de la simplicité de générer des rapports : toutes les informations avaient été ajoutées facilement et

rapidement à l'opération, sans pour autant ralentir les activités de recherche des personnes égarées et de sauvetage



Figure 67 : L'équipe déployée sur le terrain



Figure 68 : Le mannequin a été retrouvé et mis en sécurité

Le FRT a montré être proche de la maturité nécessaire qui lui permettra d'être utilisé dans les opérations quotidiennes et exceptionnelles, à grande échelle. Sa facilité d'utilisation a été démontrée, puisque les opérateurs ont pu en utiliser immédiatement les fonctions de base sans besoin d'apprentissage préalable.

Actuellement, le JRC et le SDIS04 sont en train de finaliser l'accord de collaboration qui permettra d'étendre rapidement la phase de tests de l'outil. Entre-temps, des actions ont été mises en œuvre pour utiliser le prototype basé sur Windows pour en développer une nouvelle version, qui sera également disponible pour les dispositifs basés sur Android et iOS. Cette nouvelle version demandera une série de tests approfondis, mais se concentrera essentiellement sur la résolution des bugs, sachant que les fonctions ont déjà été complètement définies grâce aux retours des utilisateurs.

3.2. Support aux thèses pour la recherche avec lancement de scénarii expérimentaux

Dans le cadre du projet PRODIGE, pour la gestion des crises qui impliquent la zone transfrontalière entre l'Italie et la France, des parcours de thèses visant à renforcer le concept de formation et de durabilité ont été lancés sur la base de technologies pour la réalité virtuelle et de protocoles pour le partage des données selon les normes européennes.

Le projet a prévu la réalisation d'un scénario en réalité virtuelle représentatif d'une situation de crise à l'intérieur du tunnel du Fréjus, et, plus précisément, d'un incendie étendu provoqué par un accident, qui se propage progressivement dans le tunnel touchant véhicules et personnes.

Le scénario est du type « serious game » (interaction immersive du corps et des membres) et, à la différence des scénarios cités jusqu'à maintenant, la cible principale est caractérisée par les utilisateurs du tunnel. Le principal objectif consiste à communiquer aux personnes les procédures à suivre pour leur propre sécurité durant la crise, en leur faisant « vivre » directement leur situation et les conséquences de leurs actions.

Parmi les résultats attendus du projet, la démonstration des avantages effectifs que la technologie VR peut apporter aux procédures de gestion des crises, notamment en référence aux techniques de communication et à l'application des procédures de sécurité vis-à-vis des citoyens, réduisant ainsi au minimum les risques pour les personnes et maximisant l'efficacité des opérations des autorités chargées de l'intervention (notamment de la protection civile).

Réalisation

L'on est parti de la définition d'un scénario qui a ensuite conduit à la construction de la simulation.

Au lancement de l'application, l'utilisateur se trouve à bord de son propre véhicule à l'intérieur du tunnel et, après un virage, il est contraint de freiner à cause de voitures arrêtées derrière un camion immobilisé sur sa propre voie.

L'utilisateur peut interagir librement avec le scénario et pourra essayer d'arriver à la fin de la simulation en suivant les indications dans la brochure.

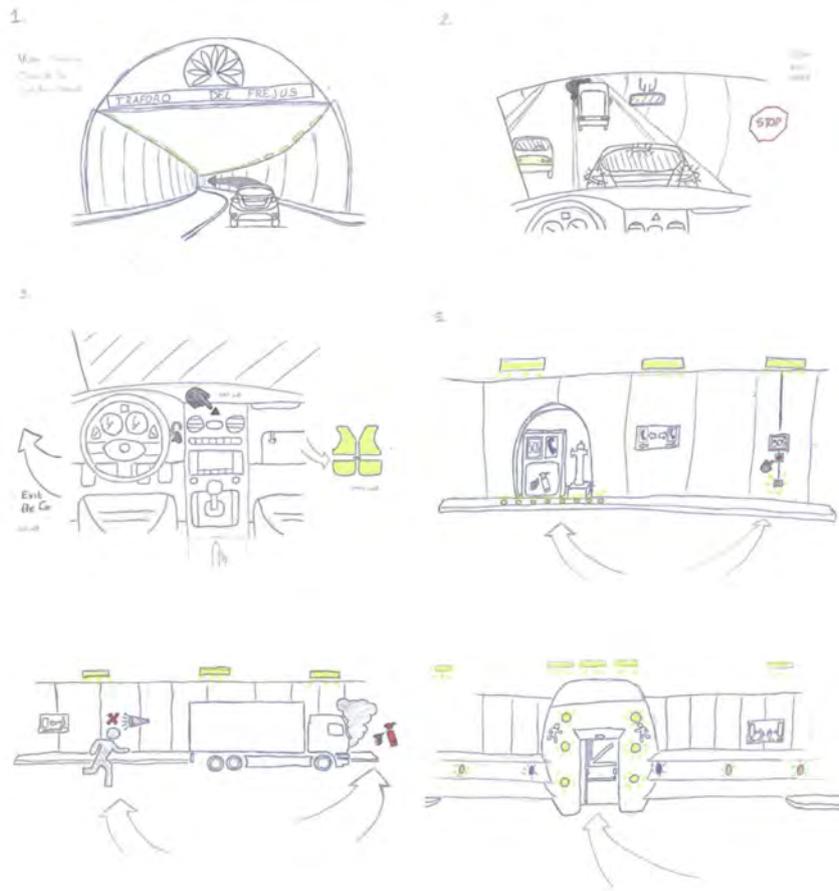


Figure 69: Scénario de l'application



Figure 70: Brochure remise à l'entrée du tunnel qui présente les consignes de sécurité

Au terme de la simulation, celle-ci est résumée de sorte à montrer à l'utilisateur les erreurs commises.

Durant la réalisation du scénario, l'on a beaucoup insisté sur le réalisme. Pour ce, il a tout d'abord été nécessaire de réaliser une représentation virtuelle du tunnel la plus réaliste possible du point de vue sensoriel. L'on a réalisé une visite du tunnel pour recueillir des photos, des sons, des cartes et toutes les informations virtuelles permettant de reproduire le tunnel dans son ensemble.



Figure 71: Photos prises dans le tunnel



Figure 72: Reproduction du tunnel dans le scénario

Ressources/Conflits/Obstacles

Bouton feux de détresse	Le bouton des feux de détresse activera la fonction correspondante et permettra de ne pas être tamponné par véhicule qui le suit
Clé de contact	La clé de contact permet d'arrêter le véhicule, donc que le moteur se refroidisse, retardant de ce fait une éventuelle propagation des flammes. Tout tamponnement avec le moteur allumé déclenche immédiatement un incendie
Poignée de portière	La poignée de la portière permettra de sortir du véhicule, et donc de poursuivre la simulation. En restant dans le véhicule, l'utilisateur s'expose à deux risques : <ul style="list-style-type: none"> • Intoxication par fumées • Le véhicule prend feu

Tableau 7: Interactions disponibles à l'intérieur de son propre véhicule

Alarme incendie	L'alarme incendie, placée sur les bornes SOS, permet de stopper la circulation dans tout le tunnel
Porte de la niche de sécurité	Ouvrir la porte d'une niche de sécurité permet d'accéder au téléphone et à l'extincteur.
Téléphone dans la niche de sécurité	Avec le téléphone , il est possible d'appeler les secours et de donner l'alarme
Extincteur	L' extincteur permet d'éteindre le feu mais peut ne pas suffire
Porte du refuge	Il est possible de pénétrer dans le refuge pour éviter les fumées, ce qui entraîne la fin de la simulation

Tableau 8: Interactions disponibles dans le tunnel

Section standard	Unité de base du tunnel
------------------	-------------------------

Section avec borne SOS	Unité de base comprenant la borne avec le bouton d' alarme incendie
Section avec niches de sécurité	Unité comprenant une niche de sécurité par côté
Section avec refuge	Unité qui communique avec un refuge de sécurité ventilé

Tableau 9: Sections de tunnel disponibles

Camion	Le poids-lourd d'où l'incendie se développera est divisé en sections: <ul style="list-style-type: none"> • Corps principal • Portière de D, de G et arrière • Bâche • Réservoir • Roues
Voiture qui peut être conduite	La voiture à bord de laquelle montra l'utilisateur est divisée en : <ul style="list-style-type: none"> • Corps principal • Portière de D et de G • Roues • Coffre
Voitures secondaires	D'autres véhicules en mouvement et présents dans le tunnel composés de : <ul style="list-style-type: none"> • Corps principal • Roues

Tableau 10: Types de véhicules

Personnages non interprétables

Les procédures en cas d'incendie ne spécifient pas de comportements particuliers à adopter vis-à-vis d'autres individus impliqués. Cependant, une interaction idéale pourrait être celle de devoir entrer en contact avec des civils immobilisés afin de les pousser à se diriger vers le refuge ou encore à devoir secourir un individu donné.

Implémentation

Pour la locomotion, trois méthodes ont été utilisées :

- Virtualizer : structure pour la locomotion libre



Figure 73: Plate-forme

- Arm-Swinging : intégration de la simulation de la locomotion dans les commandes principales. Le mouvement est donné par l'oscillation des bras.
- Foot-Swinging : marche simulée par le biais des mouvements des pieds sur place. Cette méthode a demandé deux commandes de plus, remplacées ensuite par deux capteurs reliés directement aux jambes via des supports conçus ad hoc.



Figure 74: Support modelé avec l'aide de Blender et d'une imprimante 3D

Logique du feu :

Le joueur peut recevoir deux types d'effets :

Brûlure	Effet instantané dû au contact avec une flamme, en fonction du type de feu
Intoxication	Effet léger mais réitéré dans le temps, continu si l'on ne s'éloigne pas du feu (par exemple, en pénétrant dans un refuge)

En l'absence d'effets pendant quelques secondes, le joueur tendra petit à petit à se sentir mieux.

Pour vivre l'expérience avec encore plus de réalisme et augmenter la sensibilisation de l'utilisateur face au risque, certains événements aboutiront à la conclusion immédiate de la simulation comme, par exemple, être heurté par un véhicule ou s'approcher de l'incendie principal.

La propagation de l'incendie est gérée par le biais de scripts appliqués soit à un seul individu, ou à une seule partie d'un objet qui peut prendre feu, soit aux diverses particules qui peuvent aider à la propagation (feu et fumée).

Un *objet qui peut brûler* est caractérisé par :

- Température
- Température d'ignition
- Coefficient de transmission
- Intégrité

Une *particule de feu* est caractérisée par :

- Température
- Dommages (vis-à-vis des acteurs ou du NPC)

Une *particule de fumée* est caractérisée par :

- Température
- Toxicité (vis-à-vis des acteurs ou du NPC)

Si la **température** d'un objet atteint la **température d'ignition**, l'objet commencera à brûler.

La **température** peut augmenter au contact direct d'une flamme ou par **rayonnement** (contact avec des particules de fumée chaudes) ; le passage de la chaleur est conditionné par le **coefficient de transmission de la chaleur** qui règle la vitesse selon laquelle la température de l'objet augmente. Donc, si une particule d'un système de particules de type feu/fumée touche un objet combustible et si la température de l'objet est inférieure à celle de la particule, il se produira un passage de chaleur instantané d'un degré multiplié par le coefficient de transmission de l'objet.

Un objet ayant une température supérieure à celle ambiante tendra à perdre de la chaleur de façon constante jusqu'à atteindre un équilibre mais, en même temps, gagnera de la chaleur de façon constante au cas où il serait en feu. La valeur de température qu'il peut gagner ou perdre chaque seconde est donnée par la formule suivante :

*1er * coefficient de transmission* valeur aléatoire entre 0,5 et 1,5 ;*

Une fois allumé, un corps perd son *intégrité* de façon constante, laquelle représente la quantité de combustible encore à brûler ; lorsqu'elle atteint zéro, le feu s'éteint et si l'objet est étiqueté comme *destructible*, il est éliminé du scénario. À l'intégrité du scénario est également lié un coefficient de crossfade entre la texture originale de l'objet et une texture représentant l'objet brûlé.

Avec l'extincteur, il est possible d'abaisser la température d'un corps en flamme et le feu peut être éteint en l'amenant à une température inférieure à la valeur d'ignition (garantissant ensuite quelques secondes de non-inflammabilité).

L'incendie principal qui se développera dans le tunnel à partir d'un camion sera géré selon une autre logique pour en permettre une évolution visuelle.

Analyse

Au terme de la conception, le but ultime sera de :

- Analyser l'application dans la communication des procédures de sécurité en direction des citoyens, en plus des méthodes adoptées actuellement comme, par exemple, la brochure remise à l'entrée. L'on espère pouvoir disposer de plusieurs groupes de testeurs (environ 15 personnes par groupe) et mettre en place la simulation en faisant lire la brochure d'abord à un groupe et à un autre non ; ainsi, l'on obtiendrait une seule analyse de l'impact de l'outil brochure. À la place, l'on pourrait faire lire d'abord à la première moitié des testeurs la brochure, tandis que l'autre moitié pourrait se soumettre aussi à la simulation dans la réalité virtuelle ; ainsi, l'on pourrait analyser l'apport positif donné par l'usage de l'application. Dans les deux cas, le but demeurera celui de mesurer et de comparer les erreurs des groupes afin d'analyser si, avec l'aide de l'application, l'on remarque des améliorations concrètes.
- Analyser, parallèlement au point précédent, les diverses méthodes d'interaction homme-machine mises en place (Arm-Swinging, Foot-Swinging, Plate-forme), en faisant faire le test toujours par

groupe de 15 mais chacun avec une méthode différente pour ensuite pouvoir mesurer la réponse de l'utilisateur.

- Analyser la qualité de simulation en termes de Cybersickness et d'Immersion, aussi en rapport, parmi les trois techniques susmentionnées, à celle utilisée durant le test.
- Afficher et mesurer la sécurité de la structure et l'expérience en son sein par l'utilisateur par le biais du questionnaire déjà disponible auprès des refuges du tunnel.

Développements futurs

L'objectif à long-terme sera de réaliser une implémentation et une interaction aussi avec les opérateurs du corps des sapeurs-pompiers

3.3. Projets futurs à l'intérieur des programmes de financement européens

Le projet PRODIGE a posé les bases pour une série de développements dans les secteurs de la recherche et de l'opérativité. Il s'agit d'initiatives pouvant décrocher des financements de la Commission européenne : il ne s'agit pas que d'initiatives de type transfrontalier franco-italien, mais aussi de projets multinationaux dans lesquels le territoire Alcotra peut viser à devenir une « zone d'expérimentation » des résultats obtenus, par exemple, avec la recherche Horizon 2020.

Il est possible d'identifier **trois axes d'action** :

- Développement de la plate-forme de réalité virtuelle réalisée avec le projet PRODIGE ;
- Interopérabilité des systèmes d'information et de communication opérationnelle ;
- Réalisation de contextes pilotes d'une importance opérationnelle et applicative, visant la répliquabilité.

Développement de la plate-forme de réalité virtuelle réalisée avec le projet PRODIGE

La résilience des territoires dépend surtout de la formation des opérateurs qui détermine leur capacité à intervenir efficacement dans les diverses situations de crise.

Il ne s'agit pas que de construire des parcours de formation mais aussi de mettre en place une répétition systématique opérationnelle des protocoles d'intervention, de sorte à « entraîner » les équipes aussi bien en termes de maîtrise des procédures qu'en termes d'aptitude psychologique à savoir faire face aux crises. Il faut donc des outils de formation efficaces et capables d'impliquer le plus grand nombre possible d'opérateurs, en favorisant le travail d'équipe et en multipliant les exercices pratiques.

Les technologies de la réalité virtuelle représentent donc une grande opportunité pour rendre plus efficace le système de formation pour la gestion des crises.

À l'intérieur de la réalité virtuelle, les opérateurs peuvent communiquer, se déplacer d'un point à un autre sur une carte géo-référencée, accomplir des actions, conduire des véhicules, interagir avec les objets, les événements et les autres joueurs présents dans le même environnement, le tout en temps réel. Chaque opérateur est à même de voir les autres opérateurs et leurs actions et peut réagir en accomplissant, à son tour, d'autres actions, le tout dans un environnement en 3D qui reproduit celui réel avec fidélité.

L'emploi de technologies de la réalité virtuelle ouvre donc de nouveaux horizons dans le domaine de la gestion des crises, où l'aspect crucial est celui d'optimiser l'interaction de divers acteurs qui coopèrent dans un laps de temps très court, devant faire face à des scénarii inattendus et en continuelle évolution. Cela ouvre donc la voie à la possibilité de développer des protocoles de réalité virtuelle du type **multi-acteurs** qui résultent compatibles avec le système actuel CRISE, utilisé par les SDIS (*Services Départementaux d'Incendie et de Secours*) français et capables d'activer les protocoles utilisés auprès de la protection civile italienne.

La réalité italienne présente un plus grand niveau de complexité organisationnelle, sachant que les fonctions de *Protezione Civile* (Protection civile), *Vigili del Fuoco* (Sapeurs-pompiers) et *servizi di soccorso sanitario* (118) (équivalent du SAMU français) sont dirigés par des organismes différents alors qu'en France, les SDIS sont responsables des trois fonctions de façon intégrée.

Durant une crise, les schémas logiques changent continuellement, les décisions doivent être prises rapidement et peuvent avoir une répercussion importante sur toute une variété de secteurs (énergie, eau, santé, etc...). De plus, bon nombre des acteurs impliqués, des niveaux décisionnels aux plus opératoires (protection civile, sapeurs-pompiers, santé, police, etc...) à ceux plus organisationnels/gestionnels (préfectures, agences de sécurité, organes nationaux) doivent coopérer de façon parfaitement efficace afin d'assurer une réponse immédiate à la crise, en interagissant entre eux avec des rôles et des modalités qui, normalement, ne sont pas adoptés dans le cadre de leurs activités quotidiennes.

Le projet PRODIGE (Alcotra, 2016-2017) a élaboré quelques scénarii en réalité virtuelle (inondations, accidents avec des substances dangereuses, accidents avec des explosions et des nuages toxiques en milieu urbain), en démontrant concrètement la possibilité de créer des parcours de formation efficaces dédiés aux opérateurs de la protection civile opérant sur le territoire transfrontalier franco-italien.

Le démonstrateur construit dans PRODIGE représente le premier pas vers la création d'un système de formation innovant, qui permette de réduire sensiblement les frais des opérations de capacity building et renforce le lien entre les opérateurs italiens et français, augmentant ainsi le niveau d'interopérabilité et en réduisant les barrières transfrontalières.

Certaines des actions possibles sont les suivantes :

- Réalisation de scénarii 3D en réalité virtuelle pour la formation des opérateurs de protection civile italienne et des SDIS français, en incluant et explorant de nouvelles typologies de désastres :

incendies de forêt, incendies en lieux confinés (bâtiments, gares, lieux publics, tunnels routiers, etc.), **tremblements de terre**.

- Réalisation d'outils innovants en réalité virtuelle pour la **communication avec les citoyens**, opérant à travers les téléphones portables et smartphones, à l'occasion aussi bien de **catastrophes naturelles** que de « **grands événements** » (concerts, matches de football, événements religieux, etc...).
- Réalisation d'outils opérationnels pour le terrain en **Réalité augmentée**, par exemple avec des lunettes et casques qui informent les opérateurs sur les caractéristiques des sites, le niveau de danger des substances stockées dans des dépôts, sur les procédures applicables, etc...
- Construction d'une plate-forme de réalité virtuelle partagée par les régions transfrontalières franco-italiennes, sous la forme d'un **laboratoire transfrontalier** composé de trois unités spécialisées respectivement dans la « *Formation des opérateurs* », la « *Formation pour les écoles et les citoyens* » et la « *Recherche* » (Figure 75).

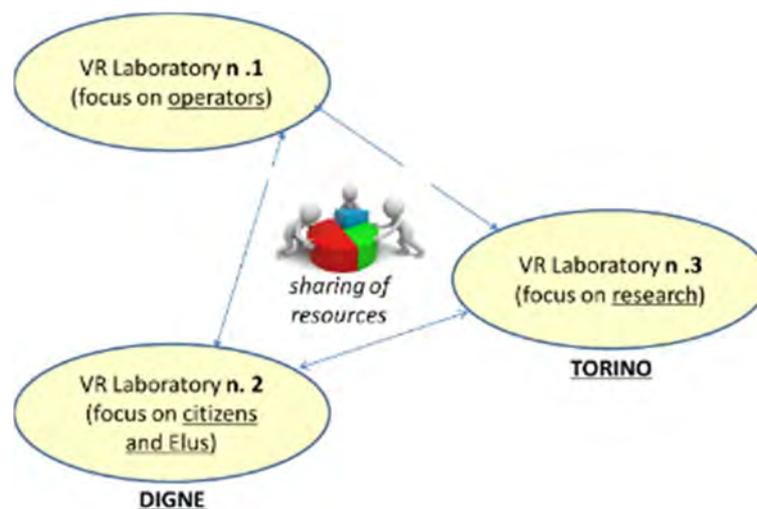


Figure 75: Plate-forme VR sous la forme d'un laboratoire transfrontalier

Interopérabilité des systèmes d'information et de communication opérationnelle

Dans les opérations de secours, les systèmes de TIC (*Information and Communication Technology*) garantissent la coordination des personnes et des moyens sur le territoire. En cas d'opérations impliquant l'intervention d'unités d'un pays à l'autre, il est nécessaire que la chaîne de commande et de coordination soit garantie, de sorte que ces unités puissent dialoguer efficacement aussi bien avec la cellule de crise locale qu'avec son propre poste de commande.

Il est possible d'identifier trois niveaux de communication :

- Stratégique : par exemple, le réseau de fibre optique le long des autoroutes pour lequel il est possible de recourir au standard international CAP (Common Alerting Protocol) et développer une interface entre les systèmes d'alerte et de gestion des crises des deux pays.
- Tactique : réseaux de satellites et de Wi-Fi existants ; systèmes de « radio bowl ».
- Opérationnel : drones, systèmes de géo-référencement, GIS (*Geographical Information Systems*), coordination des interventions à travers des protocoles sur base GIS reposant sur la directive européenne *INSPIRE*.

Au fil des ans, nombreux sont les projets et les initiatives qui ont permis de mettre à disposition une multiplicité de données relatives aux risques dans l'espace Alcotra (par exemple comme le Géoportail). Ces données sont contenues dans des sites Internet, portails et bases de données et bon nombre d'entre eux sont utilisables uniquement au niveau local. L'exploitation de ces données et informations représente une priorité.

Il est utile de réaliser l'analyse et l'agrégation des données disponibles, aussi bien pour aider à la prise de décisions durant les périodes de crise que pour fournir des indications pour la planification et le choix des priorités dans les politiques de prévention. Il s'agit de construire une capacité de valoriser la « mémoire historique » au niveau transfrontalier de cas, actions et résultats obtenus en termes d'efficacité des interventions, en favorisant aussi l'amélioration des protocoles et des procédures.

Il est donc possible de formuler certains objectifs :

- Construire une plate-forme commune pour la connaissance de la mémoire historique et la valorisation des données et des informations disponibles ;
- Créer un système de partage des données au niveau transfrontalier pour aider à la prise de décisions et à la définition des politiques de prévention ;
- Mise à niveau du Géoportail pour obtenir des images homogènes et accessibles de toutes les informations disponibles ;
- Développement du « *Registre des événements* » prévu par la directive sur les inondations, en l'étendant aussi au sujet des incendies de forêt.

Le précédent programme ALCOTRA a permis d'améliorer le réseau de surveillance de la zone transfrontalière et de développer des approches communes pour l'analyse du risque et la gestion des crises.

En termes d'analyse des problèmes et de modalités de réponse, il est bon de pouvoir surveiller les événements durant leur évolution dans le temps, aussi avec l'objectif d'augmenter les capacités prévisionnelles. Il apparaît donc opportun d'augmenter les connaissances relatives à :

- L'évaluation du niveau de danger de certains phénomènes, en référence notamment aux **incendies en lieux confinés** (ex. tunnels ferroviaires et autoroutiers) et aux **tremblements de terre** ;
- L'évaluation de l'applicabilité de nouvelles technologies et d'approches de la surveillance et de l'entraînement (qu'il s'agisse de mesures instrumentales ou de modélisations) ;
- Mise en œuvre de systèmes d'alerte innovants, liés à différents types de risque, aussi avec l'emploi de capteurs ;
- Acquisition de la capacité d'acquérir des données et des informations à partir des réseaux sociaux et des dispositifs mobiles (*smartphone*), en transformant les citoyens en « capteurs » efficaces sur le terrain, durant les crises et dans les phases qui les précèdent et les succèdent.

Il est également souhaitable de potentialiser la gouvernance multi-niveau pour accroître la résilience du territoire transfrontalier, en assurant la participation active, coordonnée et intégrée de tous les sujets impliqués : ce qui passe à travers le partage de la connaissance des crises et des mesures de prévention et de planification. Il est donc possible d'élaborer des protocoles en commun pour : l'utilisation d'outils participatifs dans la rédaction des plans de crise ; l'organisation de la surveillance hydraulique et hydrogéologique ; la prévention et la gestion des incendies de forêt et en milieux confinés ; la formation des opérateurs.

Réalisation de contextes pilotes d'une importance opérationnelle et applicative, visant la répliquabilité

L'objectif est d'appliquer directement les résultats du projet dans le contexte opératoire réel, en construisant un système innovant de gestion des crises qui valorise les expériences des projets ALCOTRA passés et puisse amener à l'usage de nouvelles technologies pour une évolution significative de la capacité à savoir répondre à une crise et à réduire les risques.

Il est également souhaitable de créer des liens avec des projets multinationaux, dans lesquels le territoire Alcotra peut viser à devenir une « zone d'expérimentation » des résultats atteints, par exemple, avec la recherche Horizon 2020.

Il faudra :

- Identifier les **contextes pilotes** sur lesquels appliquer les résultats des projets, en favorisant la construction de démonstrateurs « suffisamment grands » pour apparaître significatifs en termes de répliquabilité scientifique ;
- Acquérir les **outils et les technologies** avec lesquels munir les contextes pilotes ;
- À l'intérieur des contextes pilotes, **tester l'utilisation conjointe franco-italienne** des systèmes de gestion opératoire (y compris ceux avec la réalité virtuelle), soit la construction de protocoles interopérables ;

- À l'intérieur des contextes pilotes, utiliser les systèmes de formation pour la formation des opérateurs aussi bien sur les risques « traditionnels Alcotra » (chute de pierres, avalanches, éboulements) que ceux « émergents » (**incendie de forêt, incendies en lieux confinés, tremblements de terre, accidents** de la route et industriels, **grands événements**, etc.) ;
- Assurer l'utilisation des résultats des projets simples et thématiques passés, en valorisant les expériences acquises ;
- Valider la fonctionnalité et l'efficacité des solutions testées ;
- Construire des approches innovantes pour la communication des résultats ;
- Participer activement aux initiatives de réseautage de la Commission européenne (par ex. *Community of Users* pour la sécurité des infrastructures critiques).

En termes technico-scientifiques, dans les contextes pilotes, il est possible de mettre en place :

- Formation de la protection civile et des sapeurs-pompier italiens et des SDIS français, à travers un programme d'exercices pratiques en réalité virtuelle, axés sur la maximisation de l'interopérabilité transfrontalière et la réduction des frais (dans tous les cas, il est de réaliser aussi des exercices pratiques « traditionnels » afin de disposer d'éléments de comparaison et de créer des occasions de recherche pour l'optimisation des pratiques et des protocoles consolidés existants) ;
- Création de logiciels pour la réalité virtuelle immersive capables de dialoguer avec les systèmes modernes BIM (*Building Information Systems*) pour représenter de façon complète et fiable les aspects structurels, architecturaux et infrastructurels ;
- Définition de modèles mathématiques de simulation pour les phénomènes en évolution (ex. propagation du feu) en mesure d'en reconstruire les dynamiques. Ces modèles, mis en relation avec les modèles sociologiques sur le comportement des utilisateurs en situation de crise, permettront d'en augmenter le réalisme et la capacité de communication pour créer des compétences et une prise de conscience ;
- Intégration des systèmes de simulation avec les environnements de réalité virtuelle ;
- Développement de systèmes de calcul et de modèles capables de soutenir les protocoles formatifs en réalité virtuelle de type multi-acteurs ;
- Construction de système pour rendre réaliste l'expérience des opérateurs, par l'adoption de modèles d'interaction virtuelle avec des environnements virtuels basés sur l'interface homme-machine ;

- Conception de systèmes avec réalité augmentée, capables de fournir des informations vidéos et audios aux opérateurs sur l'environnement des opérations, l'état des installations, les procédures de sécurité adoptées, etc... ;
- Utilisation de drones de surveillance pour l'acquisition de données en 3D et de données sur l'évolution dynamique des phénomènes, aussi pour construire des approches prévisionnelles utiles dans une optique préventive et de gestion des crises ;
- **Conception d'une plate-forme de réalité virtuelle partagée** entre les régions transfrontalières franco-italiennes, intégrée sur le plan de l'opérabilité technologique, organisationnelle et gestionnelle.

4. Bibliographie et sitographie

- [1] <http://www.interreg-alcotra.eu/it/scopri-alcotra/presentazione-del-programma>
- [2] <http://www.comune.cuneo.gov.it/>
- [3] <http://www.siti.polito.it/>
- [4] <http://www.comune.torino.it/>
- [5] <http://www.sdis04.fr/>
- [6] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7748912/>
- [7] <http://www.trainingfordisastermanagement.com/>
- [8] http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-0376-9_47
- [9] http://www.cdc.gov/niosh/mining/researchprogram/projects/Project_2012_006.html
- [10] <http://defensetech.org/2016/09/27/virtual-reality-system-could-train-troops-on-aircraft-maintenance/>
- [11] <http://store.steampowered.com/app/494150>
- [12] <https://www.youtube.com/watch?v=XyyrIrTdaYw>
- [13] <http://store.steampowered.com/app/490840/>
- [14] <http://www.triangularpixels.net/cms/development/navigating-comfortably-in-vr/>
- [15] <https://www.youtube.com/watch?v=IKnM5gC-XpY>
- [16] <http://store.steampowered.com/app/400940/>
- [17] <http://store.steampowered.com/app/450390>
- [18] <http://store.steampowered.com/app/436320/>
- [19] <http://store.steampowered.com/app/496240>
- [20] <https://gfycat.com/TerribleVigilantDutchshepherddog>
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=-vY7flUfLv4>
- [22] <https://www.youtube.com/watch?v=oZ3PAVDc1to>
- [23] https://www.youtube.com/watch?v=uldd_UTieXE
- [24] <http://www.roadtovr.com/samsungs-new-headphones-trick-your-inner-ear-to-move-you-in-vr/>
- [25] https://it.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications
- [26] https://it.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System

- [27] [https://it.wikipedia.org/wiki/LTE_\(telefonia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/LTE_(telefonia))
- [28] <https://it.wikipedia.org/wiki/Roaming>
- [29] <https://it.wikipedia.org/wiki/IMS1>
- [30] https://it.wikipedia.org/wiki/International_Mobile_Equipment_Identity
- [31] <https://web.whatsapp.com/>
- [32] <https://web.telegram.org/#/login>
- [33] https://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_di_posizionamento_globale
- [34] https://it.wikipedia.org/wiki/Application_programming_interface
- [35] https://it.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol
- [36] https://it.wikipedia.org/wiki/JavaScript_Object_Notation
- [37] <https://www.wearabletechtorino.com/it/2017/05/03/thinkupfordis-la-tecnologia-in-gioco-per-la-disabilita/>
- [38] <http://www.uictorino.it/news/uici-torino-al-thinkup-for-disability>
- [39] <http://www.salonelibro.it/>
- [40] <http://www.pro-prodige.eu/>