

SIG et gestion de crise radiologique

■ Yann KACENELEN

■ MOTS-CLÉS

SIG, SDIS, CEA, accident radiologique, gestion de crise

Centre du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) de Saclay (Essonne), 9h15 : des rejets radioactifs ont été décelés en provenance de l'installation nucléaire OSIRIS. L'alerte a été transmise au Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS 91) qui a aussitôt engagé ses moyens de secours à personnes et sa cellule mobile d'intervention radiologique. Une fois sur zone, les sapeurs-pompiers et les équipes du service de protection contre les rayonnements (SPR) du CEA de Saclay procèdent aux mesures de radioactivité sur le terrain afin d'estimer l'ampleur de l'incident et son impact sur l'environnement ainsi que sur la population avoisinante pour envisager les opérations de secours adéquates...

A la mémoire du Lieutenant-colonel Marc BEAUDROIT (1963 – 2009).

Ce scénario, à la fois fictif et réel, est celui qui a initié un exercice national de crise le jeudi 17 septembre 2009. Il était question de mettre en situation les préconisations opérationnelles du plan particulier d'intervention (PPI) du CEA de Saclay, comme cela doit se faire tous les 3 ans. En outre, cette fois et consécutivement aux enseignements du précédent exercice en 2006, l'une des grandes nouveautés consistait à éprouver un système cartographique, mis au point par le CEA de Saclay et le SDIS 91. Ce dernier, constitué de deux modules – l'un mobile et l'autre web –, devait permettre une remontée plus efficace des mesures radiologiques effectuées sur le terrain et une meilleure transmission de ces mesures aux différents acteurs de l'exercice.

Le contexte opérationnel

Au centre CEA de Saclay, dans l'hypothèse d'un accident radiologique majeur, des éléments radioactifs peuvent être diffusés dans l'atmosphère et impacter des populations civiles résidant à proximité. Pour les installations nucléaires de base (INB) susceptibles d'engendrer de tels risques, la réglementation française impose la rédaction et la mise à jour d'un document organisant la réponse opérationnelle des secours. Ce document, le PPI, a été rédigé en 1991 pour le centre CEA de Saclay. Il a fait l'objet d'une mise à jour en 2000 et connaît



actuellement une refonte complète dans le cadre des nouvelles dispositions réglementaires relatives à l'Organisation de la Réponse de Sécurité Civile (ORSEC).

Pour la mise en œuvre du PPI, le SPR du CEA de Saclay et le SDIS 91 ont un rôle très important dans la gestion d'un accident. Ces deux entités doivent en particulier assurer conjointement la mission essentielle de mesurer les conséquences radiologiques réelles sur l'environnement.

Les PPI sont testés tous les trois ans lors d'exercices nationaux. Le retour d'expérience de l'exercice de 2006 ayant mis en évidence des difficultés de transmission des résultats de

mesures radiologiques réalisées dans l'environnement du site, le SPR du centre CEA de Saclay et le service NRBC (Nucléaire-Radiologique-Biologique-Chimique) du SDIS 91 ont entrepris de nombreux travaux d'amélioration. L'application des différents référentiels réglementaires, notamment l'obligation de produire un Programme Directeur des Mesures (PDM) radiologiques, ont abouti à la mise en place du projet M²IRAGE.

Le projet M²IRAGE s'est donc inscrit dans une volonté partagée d'améliorer l'efficacité du dispositif d'intervention avec pour objectifs de faciliter la collecte de données sur le terrain, leur exploitation et leur diffusion rapide

sous une forme synthétique et compréhensive. La représentation géographique de l'environnement étant incontournable, il fallait constituer par ailleurs un ensemble permettant d'interfacer plusieurs applications de traitement et de restitution d'informations.

La conception de M²IRAGE

■ Identifier les multiples acteurs et leurs interactions.

Toute catastrophe, naturelle ou technologique, dont l'impact est conséquent sur la population et sur l'environnement, implique une organisation de crise où les représentants institutionnels locaux et nationaux sont nombreux. Dans le cas d'un accident radiologique majeur, ces derniers sont les suivants :

- l'exploitant du site nucléaire (directions locale et nationale du CEA) ;
- les services publics concourant à la

mise en sécurité de la population : SDIS, SAMU, gendarmerie, police nationale...

- les conseillers en risque radiologique auprès de l'Etat : l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) ;
- le Préfet de département et ses services en charge de la protection civile.

Le PPI du CEA de Saclay formalise l'organisation de crise et les liens fonctionnels entre les différents acteurs. Ces liens sont synthétisés et représentés dans la figure 1.

■ Quel type d'outil pour exploiter et diffuser efficacement les informations entre les acteurs ?

Forts de l'analyse préalable et de l'expérience tirée de l'exercice de 2006, le CEA de Saclay et le SDIS 91 ont ébauché le profil de l'outil informatique qui permettrait de solutionner

les difficultés d'exploitation et de transmission des résultats de mesures radiologiques réalisées dans l'environnement du site. Fonctionnellement parlant, cet outil devait répondre aux exigences suivantes :

- pouvoir superviser et diffuser les informations afin de prendre et d'aider à prendre des décisions adaptées ;
- avoir une vision commune à tous les échelons de la prise de décisions ;
- avoir différents niveaux de lecture des mesures (synthétiques et à dire d'experts) ;
- fiabiliser la remontée des données terrain, compte tenu des conditions de stress et physiquement éprouvantes des équipes de mesures ;
- s'interfacer avec les outils internes au centre CEA de Saclay :
 - pour le traitement des mesures radiologiques : le logiciel SPIRIT (Système de Présentation des Informations de Radioprotection lors d'Intervention de Terrain) permet la saisie des mesures transmises par

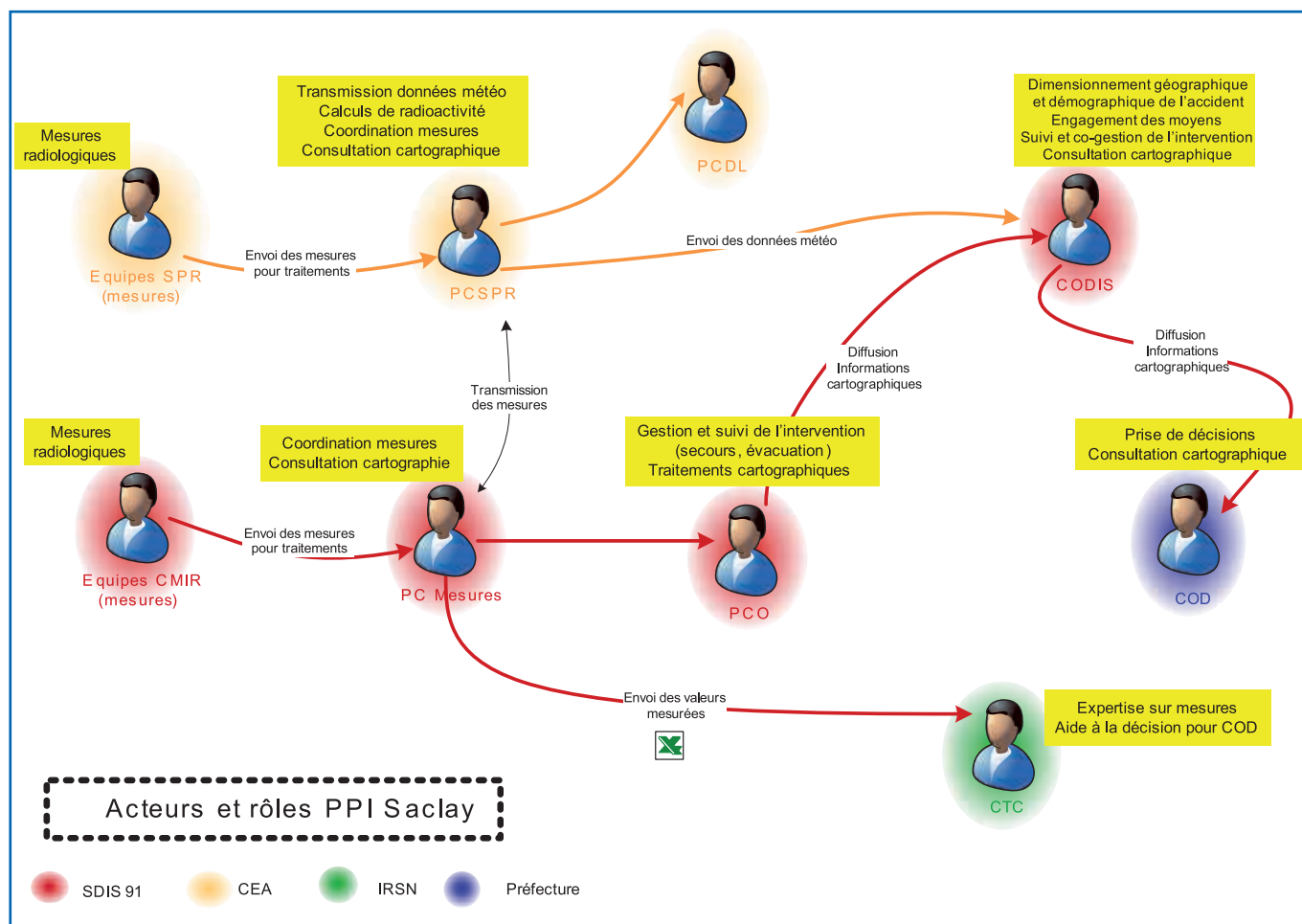


Figure 1. Principaux acteurs du PPI.



radio, des calculs spécifiques et leur représentation sous forme de graphiques ;

- pour la coordination des équipes de mesures : pour satisfaire le PDM, le logiciel MISTER (MISSIONS de TERRAIN) a été développé au CEA de Saclay. Cette application permet de savoir pour chaque mesure quels personnels les ont effectuée avec quels appareils. Il permet également de gérer le degré d'exposition dosimétrique des équipes de mesures.

- transmettre les mesures aux autorités (ASN, IRSN, Préfecture), conformément au PDM.

Lors de la conférence francophone SIG 2008 d'ESRI France, les démonstrations convaincantes de l'application de type "Data Fusion" construite à partir de l'API Flex pour ArcGIS Server ainsi que celle d'ArcGIS Mobile pour la saisie de données et leur diffusion en

temps réel ont légitimement orienté les réflexions vers un outil de type SIG. Car effectivement, les considérations géographiques sont omniprésentes dans la gestion d'une crise impactant un territoire donné.

■ L'architecture logicielle et matérielle répondant aux diverses contraintes

Les liens fonctionnels identifiés préalablement entre les différents acteurs ont été mis en relation avec le type d'utilisation de l'information géographique (création, consultation) à gérer en cas de crise radiologique. La répartition des acteurs en divers endroits, plus ou moins éloignés du lieu des interventions (centre CEA de Saclay et alentours) ont également été pris en compte. En résulte le schéma de la figure 2 présentant l'architecture effectivement mise en œuvre à quelques détails près.

■ Les débuts de M²IRAGE

Le caractère expérimental de ce projet a privilégié une approche partenariale pour mettre en synergie toutes les compétences et mutualiser aussi bien les coûts que les bénéfices d'un tel projet dont le point d'orgue était sa mise à l'épreuve lors de l'exercice national du 17 septembre 2009.

Les sociétés ESRI France et PANASONIC France ont répondu positivement à l'appel après que leur furent présentés les tenants et les aboutissants du projet, ainsi qu'un premier recueil des fonctionnalités attendues en décembre 2008.

Le projet a concrètement été entamé avec l'accord des différents partenaires et la rédaction d'un cahier des charges par le CEA et le SDIS 91 en mars 2009. Une première phase de développements a débuté en mai 2009 dans la perspective de tests

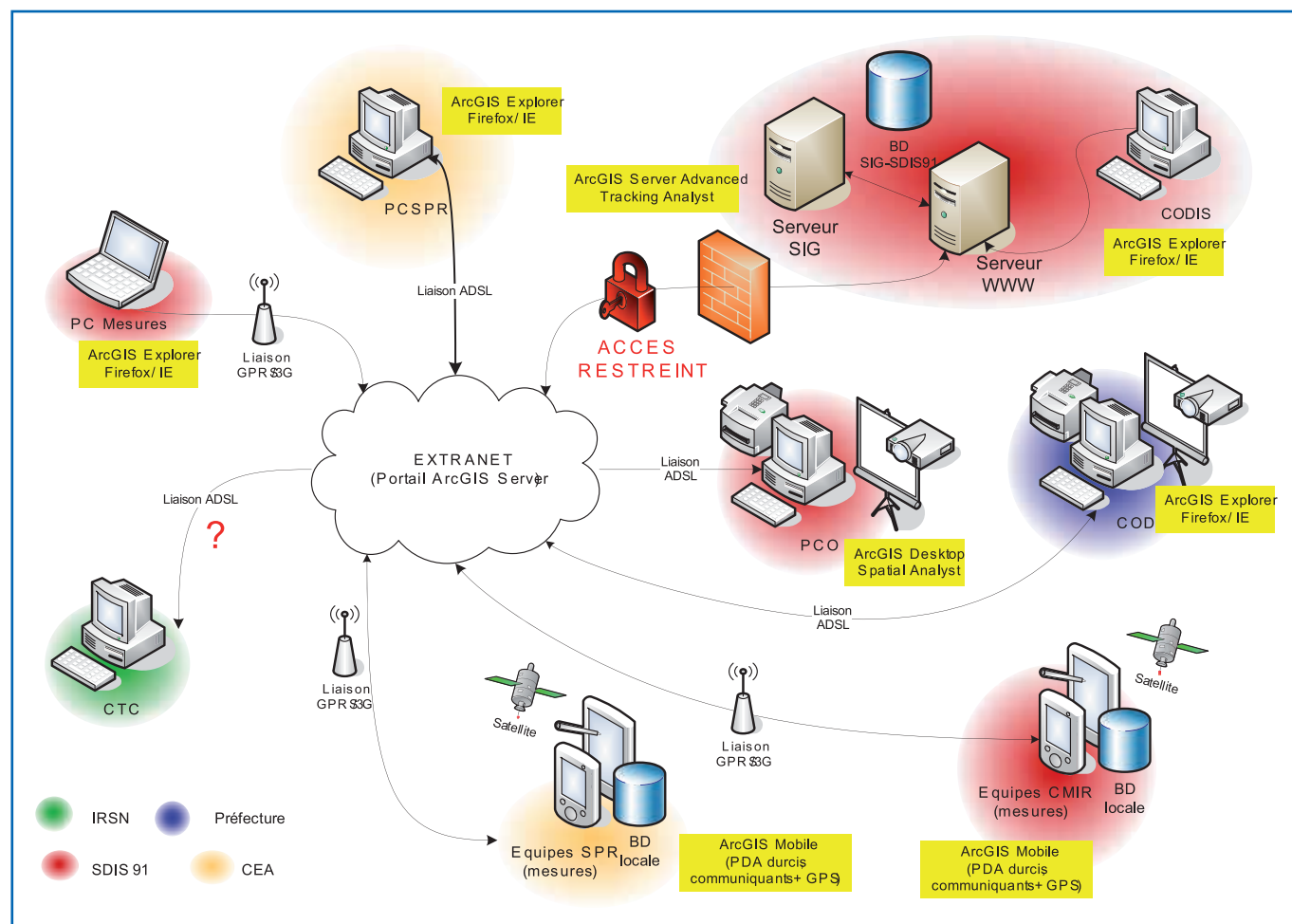


Figure 2. Architecture logicielle et matérielle envisagée en début de projet.



préliminaires à l'occasion d'un exercice de préparation programmé le 30 juin 2009. C'est à cette époque que le projet est baptisé M²IRAGE pour "Management des Mesures dans le cadre d'Interventions Radiologiques Assistées Géographiquement dans l'Environnement".

Une deuxième phase de développements a été conduite fin août 2009 afin d'ajuster certains dysfonctionnements, d'apporter des fonctionnalités incontournables pour crédibiliser l'outil auprès des futurs utilisateurs et de le rendre véritablement opérationnel. Ce fut chose faite lors d'un exercice organisé par le SDIS 91 et le CEA pour former les sapeurs-pompiers de la cellule mobile d'intervention radiologique (CMIR) et les personnels "ESPRIT" du CEA de Saclay.

M²IRAGE en images

Pour couvrir les besoins fonctionnels exprimés précédemment, M²IRAGE a été conçu en 2 modules :

- **M²IRAGE M** pour "Mobile" installé et utilisé sur Tablet PC ;

- **M²IRAGE CC** pour "Centre de Contrôle" accessible à l'aide d'un navigateur Internet.

Le tableau suivant met en correspondance par ordre chronologique depuis le déclenchement du PPI (= appel d'urgence au CODIS 91) l'utilisation de l'un ou l'autre des modules avec les différentes étapes clés de l'organisation de crise suivie par le SDIS 91 et le CEA en réponse à un accident radiologique majeur.

Les 2 modules M²IRAGE CC et M²IRAGE M sont par conséquent sensés optimiser la réponse opérationnelle en :

- accélérant la "phase réflexe" (étapes 1 à 3)
- fiabilisant la remontée des mesures terrain qui s'affranchissent des erreurs de compréhension ou d'interprétation lorsqu'elles sont transmises par voie orale (étape 6)
- en informant chaque acteur, quelle que soit sa localisation et en temps réel, de la situation exacte sur le terrain et des impacts de l'événement (étape 8).

Les étapes 4 à 7 se produisent de manière permanente et cyclique (renouvellement des équipes de mesures) tout

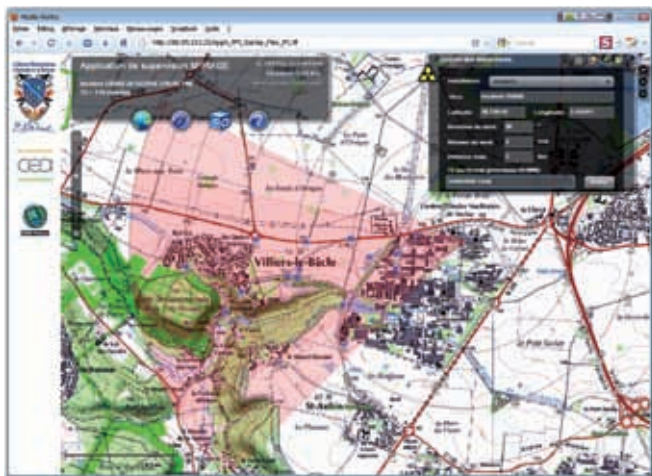
au long de l'intervention. Les outils SPIRIT et MISTER, préexistants au projet développé par le centre CEA de Saclay, occupent des postes importants dans l'organisation et ont par conséquent dû être aménagés pour s'interfacer efficacement avec M²IRAGE et s'adapter à la nouvelle architecture. Les modules M²IRAGE CC et M²IRAGE M sont détaillés dans la suite de cet article.

■ M²IRAGE CC

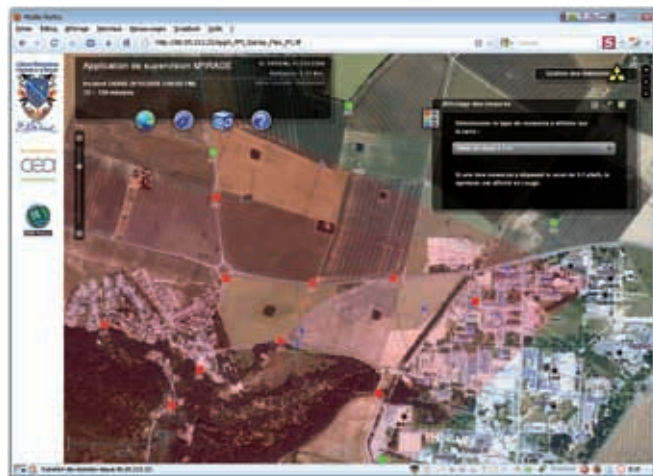
M²IRAGE est une application développée à partir de l'API Flex pour ArcGIS Server. Flex est une technologie de la société Adobe permettant de créer des interfaces web dites "riches" pour leur ergonomie et la multiplicité des contenus possibles. M²IRAGE CC a été déployée en deux versions : l'une est destinée aux PC avec des fonctionnalités de création et de mise à jour, l'autre sert uniquement à la consultation des informations par les décideurs et les conseillers techniques. Ci-après sont illustrées certaines fonctionnalités significatives de M²IRAGE CC.

	Action	Où	Comment
1	Saisie des données météo et génération du secteur angulaire.	PC SPR	M ² IRAGE CC
2	Engagement des moyens CEA et SDIS • Visualisation géographique : - du secteur angulaire pour routage des équipes - de la population potentiellement touchée par le nuage radioactif	Tous PC - CODIS 91 Préfecture (COD) Directions CEA locale et nationale	M ² IRAGE CC
3	Affectation automatique des points PPI à mesurer par les équipes ESPRIT (CEA) et CMIR (SDIS). Ajout éventuel de points supplémentaires. Visualisation géographique des points PPI selon couleur/forme	PC SPR PC Mesures	M ² IRAGE CC
4	Constitution des missions (personnels et matériels de mesure) et modification éventuelle des listes de points PPI générées à l'étape 3.	PC SPR - PC Mesures	MISTER
5	Récupération des informations de missions sur les tablets PC CF-U1 et départ pour mesures radiologiques sur le terrain.	ESPRIT - CMIR	M ² IRAGE M
6	Saisies puis envois des mesures radiologiques à l'aide des CF-U1 par connexion 3G pour stockage en base de données.	ESPRIT - CMIR	M ² IRAGE M
7	Validation des mesures brutes envoyées à l'aide du CF-U1 ou transmises par voie radio (mode dégradé ou utilisé par d'autres équipes non dotées de CF-U1).	PC SPR PC Mesures	SPIRIT
8	Visualisation des mesures validées sur fond cartographique ou sous forme de diagrammes évoluant au cours du temps (plusieurs mesures sur les mêmes points) • Adaptation de la stratégie de mesures • Contours précis du panache radioactif et des impacts sur la population et l'environnement • Prises de décisions pour opérations de secours	Tous PC - CODIS 91 Préfecture (COD) Directions CEA locale et nationale	M ² IRAGE CC

- Création du secteur angulaire à partir du point d'émission selon les données météorologiques et affectation automatique des points de mesures aux équipes ESPRIT (CEA) et CMIR (SDIS).



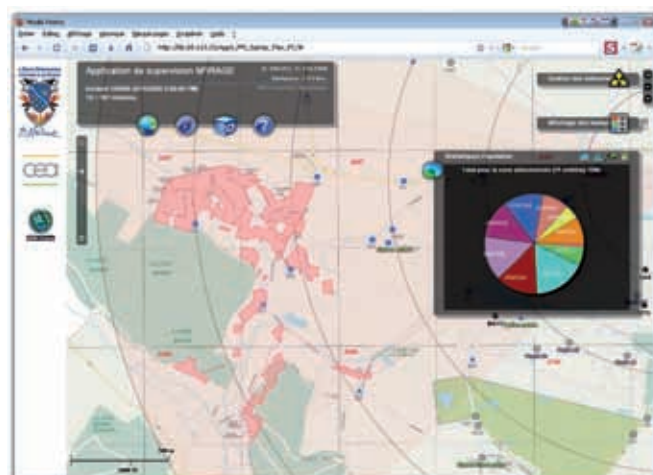
- Visualisation des mesures radiologiques sur fond de carte selon une symbologie mettant en exergue les valeurs en-deçà (vert) et au-dessus (rouge) des seuils critiques définis.



- Visualisation des mesures radiologiques et de leur évolution au cours du temps sous la forme de diagrammes après sélection des points souhaités (monitoring).



- Estimation des populations par tranches d'âge potentiellement impactées par le panache radioactif.



M²IRAGE M

M²IRAGE est une application développée en Visual Basic .NET à l'aide du SDK ArcGIS Server Mobile. Son interface est composée d'un seul formulaire scindé en cinq onglets correspondant à 5 fonctionnalités spécifiques :

- "Carte" : une fenêtre cartographique permet de se repérer sur le terrain (photos aériennes et points PPI) et se centrer sur le point PPI sélectionné ou sur la position GPS courante.
- "Fiche PPI" : la fiche descriptive au format PDF des points PPI à mesurer apparaît ici après sélection du point ; elle apporte des informations complémentaires sur la matérialisation du point PPI sur le terrain.



Onglet "Carte" de M²IRAGE M.

- "Mesures" : il s'agit du formulaire de saisie et d'envoi des différentes mesures radiologiques effectuées à l'aide des sondes.
- "GPS" : permet de connecter/déconnecter le module GPS qui équipe

l'appareil de saisie.

- "Informations" : l'utilisateur consulte ici les résultats de certaines actions réalisées par l'application (envoi de données sur le serveur par connexion 3G par exemple).

■ Le choix du matériel de saisie pour exploiter M²IRAGE M

Celui-ci a été conditionné par les contraintes des équipes de mesures, à savoir le port d'une combinaison, d'un masque, de gants et la manipulation de sondes de mesure radiologique.

Le PANASONICToughbook CF-19 satisfait depuis 2006 les besoins du SDIS 91 dans le cadre des mises à jour quotidiennes de sa base de données géographiques. L'écran tactile 10,4" pivotant autour d'un clavier recouvert d'un alliage en magnésium fait du CF-19 un Tablet PC particulièrement ergonomique et robuste. La nécessité d'un format plus compact et un poids plus léger a alors orienté le choix du support informatique vers le **Toughbook CF-U1** (cf. figure 3) dont les principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

- portable (1,06 kg pour des dimensions de 18,4 x 15 x 5,7 cm)
- ergonomique (écran LCD 5,6" tactile)
- géolocalisé par GPS
- communiquant (GPRS/3G/EDGE, wi-fi, Bluetooth)
- durci (résiste aux chocs, chutes de 1 m, aux projections d'eau et à la poussière)
- endurant (8 heures d'autonomie).

Le présent et l'avenir de M²IRAGE

Lors du débriefing "à chaud" piloté par le Directeur de Cabinet du Préfet de l'Essonne à l'issue de l'exercice, l'utilité opérationnelle de M²IRAGE a été unanimement reconnue. Le sous-préfet de Palaiseau a parlé d'un outil *"de premier ordre, extrêmement utile pour l'aide à la décision"*. Le représentant de l'ASN, conseiller technique du Préfet au COD, a souligné l'aspect *"très novateur"* de l'outil. Pour le représentant du SDIS 91 au PCO, M²IRAGE a permis, en phase réflexe du PPI, de s'affranchir des transmissions redondantes de résultats de mesures puisqu'une *"bonne visualisation commune de la situation terrain"* était disponible pour tous les acteurs.

Le représentant de la Direction Générale du CEA a qualifié de *"considérable"* l'apport de M²IRAGE pour la



Figure 3. Personnels ESPRIT manipulant M²IRAGE M et le Toughbook CF-U1.

visualisation *"synthétique"* et en temps réel offerte durant tout l'exercice. Au COD, la fonctionnalité de pouvoir estimer la population impactée a été appréciée. La coordination des équipes par la cellule "Mesures" s'est déroulée efficacement grâce à M²IRAGE et son interfaçage opérationnel avec les logiciels internes développés par le CEA de Saclay pour la gestion des missions et la validation des mesures. L'objectif principal pour la refonte du PPI CEA de Saclay suite au RETEX de l'exercice 2006 a donc été atteint.

Sur le terrain, M²IRAGE M et les deux terminaux durcis CF-U1 ont été fortement appréciés par les équipes de mesures : en effet cet outil a permis d'emporter sur le terrain la documentation nécessaire (cartes, fiches de consultation et de saisie) sans l'encombrement des

versions papier, en plus d'aider au positionnement grâce au module GPS et de transmettre les mesures sur le serveur de données en temps réel.

Objectivement, des points d'amélioration du "jeune" M²IRAGE ont bien sûr été identifiés. Il s'agit :

- de la sécurisation et le dimensionnement spécifiques des serveurs d'applications et de données ;
- de la fiabilisation des vecteurs de transmission des données terrain (réseau ANTARES ou liaison satellite pour le SDIS 91, réseau radio local avec fréquences réservées pour le CEA) ;
- de l'aménagement davantage ergonomique des deux modules.

En attendant ces perfectionnements, M²IRAGE est l'objet d'un dépôt de brevet par le CEA et fait notamment l'objet de deux concertations significatives. La première implique les directions locales des huit autres centres d'études nucléaires français du CEA dans l'optique d'une pérennisation et d'une extension de l'utilisation de cet outil au-delà du seul site de Saclay. La seconde portée par l'ASN vise à partager des retours d'expérience et des bonnes pratiques, concerne également des représentants des grands exploitants nucléaires, de Météo-France et du Ministère de l'Intérieur.

En outre certaines perspectives sortant du contexte PPI CEA de Saclay, voire du contexte radiologique sont entrevues par le SDIS 91. Il s'agit de décliner M²IRAGE en outil de gestion opérationnelle pour des interventions



M²IRAGE CC vidéoprojeté au PCO où sont représentés tous les services publics (secours, ordre, sanitaire...), l'exploitant (CEA) et les conseillers (IRSN) autour du sous-préfet de Palaiseau Daniel BARNIER.



radiologiques de type "TMR" (transport de matières radioactives) ou de type "risque chimique" comme la propagation d'effluves toxiques d'une industrie.

Tous les acteurs du PPI se sont donc accordés sur la plus-value opérationnelle indéniable apportée par M²IRAGE. Retour d'expérience très positif pour cette première expérience française de "tableau de bord opérationnel"⁽¹⁾ basé sur un système d'information géographique et éprouvé sur un exercice de crise radiologique. En Essonne un cap a été franchi qu'il sera difficile de ne pas prendre en compte pour le futur, voire même le présent dans la gestion des interventions de grande ampleur. ●

(1) La société ESRI, Inc emploie le terme de "COP" pour "Common Operational Picture".

Acronymes

COD : Centre Opérationnel Départemental.
CODIS : Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours.
CTC : Centre Technique de Crise (IRSN).
ESPRIT : Equipes SPR d'Intervention sur le Terrain.
PC : Poste de Commandement.
PCO : Poste de Commandement Opérationnel.
PDM : Programme Directeur des Mesures.
PPI : Plan Particulier d'Intervention.
SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours.

Contact

Yann KACENELEN
 chef du service Cartographie et
 Information Géographique du SDIS 91
ykaceneleden@sdis91.fr

Les personnes suivantes ont participé activement à la mise en œuvre et à la réussite de ce projet :

Jean-Marie FAUQUANT (CEA)
 ingénieur en radioprotection
jean-marie.fauquant@cea.fr

Hubert LELACHE (CEA)
 radioprotectionniste et développeur
hubert.lelache@cea.fr

Commandant Olivier GERPHAGNON
 chef du service NRBC du SDIS 91
ogerphagnon@sdis91.fr

Gaëtan LAVENU (ESRI France)
 responsable veille technologique.

Le centre de Saclay du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) et son service de Protection contre les rayonnements (SPR)

Le CEA est un organisme public de recherche créé en 1945 dans le but de donner à la France la maîtrise de l'atome et de ses applications dans les domaines de la recherche, l'énergie, l'industrie, la santé et la défense. Fort de ses 15 000 chercheurs et collaborateurs, aux compétences internationalement reconnues, le CEA constitue une force d'expertise et de proposition pour les pouvoirs publics. Le site de Saclay, situé à 25 km au sud de Paris, dans l'Essonne, fut choisi en 1946 par Frédéric Joliot dans le but de développer la recherche nucléaire civile. Il constitue un centre de recherche et d'innovations de premier plan au niveau européen. Plus de 6 000 personnes y travaillent. Il joue un rôle majeur dans le développement économique régional. Pluridisciplinaire, il exerce ses activités dans des domaines tels que l'énergie nucléaire, les sciences du vivant, les sciences de la matière, le climat et l'environnement, la recherche technologique et l'enseignement. Le site comprend de nombreuses ICPE (Installations Classées Pour l'Environnement) où sont manipulées de grandes quantités de radioactivité ainsi que sept INB (Installations Nucléaires de Base) dont :

- 3 réacteurs : ULYSSE, OSIRIS et ORPHEE
- 2 laboratoires actifs : LECl et LHA
- 2 installations de gestion des déchets ou effluents : INB 72 et 35.

Dans ce contexte, le rôle du SPR est de limiter au maximum l'exposition immédiate ou différée et la contamination des personnes exposées, du public et de l'environnement. Le SPR surveille toutes les INB et les ICPE de Saclay. Il a notamment pour mission d'intervenir en cas d'incident à caractère radiologique dans et autour de l'une de ces installations en :

- évaluant les conséquences sur les populations et l'environnement ;
- réalisant des mesures dans l'environnement ;
- contrôlant les intervenants ;
- conseillant et formant les différents acteurs de la crise.

Site : www-centre-saclay.cea.fr



Le Service Départemental d'Incendie et de Secours de l'Essonne (SDIS 91)



Le Corps départemental des sapeurs-pompiers de l'Essonne a été créé par arrêté préfectoral le 25 janvier 1973 permettant une vision et une gestion globale des secours à l'échelle du département. En 1997, conformément à la loi n° 96-369 du 3 mai 1996, le Service départemental d'incendie et de secours de l'Essonne (SDIS 91) devient un établissement public, placé sous l'autorité du préfet et financé en quasi-totalité par le conseil général. Il est "chargé de la prévention, de la protection et de la lutte contre l'incendie. Il concourt également, avec les autres services et professionnels concernés, à la protection et à la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes, à l'évaluation et à la prévention des risques technologiques ou naturels ainsi qu'aux secours d'urgence." En 2008, le SDIS 91 est composé de 3 067 agents dont 1 061 sapeurs-pompiers professionnels, 1 712 sapeurs-pompiers volontaires et 294 agents administratifs, techniques et sociaux. Il a effectué 90 711 interventions en 2008 soit 1 action de secours toutes les 5 minutes dont 73 % de secours à personnes, 6,4 % d'incendies. Ses budgets de fonctionnement et d'investissement s'élèvent respectivement à 91,8 et 20,6 millions d'euros.

Site : www.sdis91.fr

ABSTRACT

The CEA is the French Atomic Energy Commission. It is based in nine research centers in France among which is the Saclay Center, located 20 miles south from Paris, in the Essonne county. In the event of a nuclear accident, the CEA and the Essonne County Fire and Rescue Service (SDIS 91) have been collaborating to set up the Saclay Center's Emergency Response Plan (PPI). Its renewal led to a new operational exercise on September 17th 2009. M²IRAGE, a tool based on ArcGIS 9.3 technologies and developed specifically for the exercise, enabled to ease data collection and exploitation in order to quickly define the plume of radioactive particles and thus help manage the health response and the emergency organization within two hours after the warning...