



HAL
open science

ESCAPE-SG : Un simulateur d'évacuation massive de population pour la formation des acteurs à la gestion de crise

Éric Daudé, Pierrick Tranouez

► **To cite this version:**

Éric Daudé, Pierrick Tranouez. ESCAPE-SG : Un simulateur d'évacuation massive de population pour la formation des acteurs à la gestion de crise. NETCOM : Réseaux, communication et territoires / Networks and Communications Studies, 2020, 34 (3-4), 10.4000/netcom.5637 . halshs-02445375

HAL Id: halshs-02445375

<https://shs.hal.science/halshs-02445375>

Submitted on 20 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Netcom

Réseaux, communication et territoires
Notes de recherche

ESCAPE – SG : un simulateur d'évacuation massive de population pour la formation des acteurs à la gestion de crise

ESCAPE – SG : a massive population evacuation simulator for the training of actors in crisis management

Éric Daudé et Pierrick Tranouez



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/netcom/4340>

ISSN : 2431-210X

Éditeur

Netcom Association

Ce document vous est offert par Université de Rouen – Bibliothèque Universitaire



Référence électronique

Éric Daudé et Pierrick Tranouez, « ESCAPE – SG : un simulateur d'évacuation massive de population pour la formation des acteurs à la gestion de crise », *Netcom* [En ligne], Notes de recherche, mis en ligne le 17 janvier 2020, consulté le 17 janvier 2020. URL : <http://journals.openedition.org/netcom/4340>

Ce document a été généré automatiquement le 17 janvier 2020.



Netcom – Réseaux, communication et territoires est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

ESCAPE – SG : un simulateur d'évacuation massive de population pour la formation des acteurs à la gestion de crise

*ESCAPE – SG : a massive population evacuation simulator for the training of
actors in crisis management*

Éric Daudé et Pierrick Tranouez

Introduction

- 1 L'aménagement et la gestion des territoires doit intégrer les problématiques de résilience territoriale et de gestion de crise face aux aléas naturels et technologiques. C'est par exemple le cas des territoires soumis à un risque important d'inondation pour lesquels une décision d'évacuation partielle ou totale de la population peut être requise. L'évaluation de ces plans par des exercices grandeurs réelles est cependant difficile à mettre en œuvre. Lorsqu'ils existent, ces exercices scénarisés reposent sur une chronologie réaliste des dynamiques de l'aléa mais souvent idéalisée du point de vue des comportements des populations. Ceci peut s'expliquer en partie par l'absence de situations de référence sur le territoire et sur la difficulté de faire jouer la crise de manière réaliste par des milliers de personnes. Les modèles de simulation peuvent alors se substituer à ces exercices en proposant un point de vue original sur les dynamiques sociales susceptibles de se produire au cours de tels événements. Ces modèles permettent en effet d'explorer les processus, les enjeux et les défis d'une gestion de l'alerte et de crise selon différentes configurations géographiques, différents scénarios d'aléas et de prises de décision en situation d'incertitude. Le projet ESCAPE-Serious Game entre dans cette catégorie de jeux sérieux où les utilisateurs-apprenants sont immergés dans l'action d'une situation complexe, celle de l'évacuation des populations,

et offre la possibilité de pratiquer et d'acquérir une expérience sur leur propre métier ou rôle au sein d'une organisation.

Gestion de crise et jeu sérieux

- 2 L'évacuation des populations représente un point de questionnement majeur pour les exercices de gestion de crise, notamment lorsque ceux-ci concernent de vastes territoires, à l'image d'EU SEQUANA (November & Créton-Cazanave, 2017) simulant une crue centennale de la Seine. Face à la diversité des enjeux et la complexité des comportements humains en situation de crise, les défis liés au déplacement massif sont le plus souvent délaissés. Or l'incertitude dans ce domaine ne doit pas être négligée par l'opérationnel, elle doit au contraire être pensée dans la planification et expérimentée au cours des exercices de gestion d'alerte et de crise. Cette incertitude, qui permet aux joueurs de penser l'improbable, peut revêtir différentes formes : incertitudes sur le moment de l'alerte et sur le volume de population à déplacer, incertitude sur les comportements individuels et collectifs qui pourraient émerger, incertitudes sur les effets en cascades de ces comportements, incertitude sur les moyens disponibles en soutien à l'évacuation, incertitude sur l'évolution de l'environnement au cours de la crise et ses effets en retour sur les capacités de gestion de l'organisation. L'objectif de ESCAPE – Serious Game¹ (ESCAPE-SG) est donc d'éclairer ces zones d'ombre dans les exercices de gestion de crise.
- 3 ESCAPE-SG est un prolongement du programme de recherche ESCAPE² qui s'organise autour d'un couplage entre systèmes d'information géographiques, modélisation multi-échelle à base d'agents et méthodes d'explorations de simulation (Daudé *et al.*, 2019). Un composant important est le simulateur de comportements de mobilité et de gestion du trafic (Tranouez *et al.*, 2012 ; Czura *et al.*, 2014 ; Chapuis *et al.*, 2018) selon différentes stratégies d'évacuations. Il est ainsi possible de simuler l'évacuation de tout ou partie d'un territoire selon différents scénarios : évacuation totale ou partielle, synchrone ou polyphasée. Les simulations permettent notamment d'établir des diagnostics relatifs aux temps d'évacuation en fonction des principaux enjeux locaux, qui portent essentiellement sur la structure du réseau de transport. La modélisation et la simulation multi-agents sont donc au cœur d'ESCAPE-SG.
- 4 Les modèles multi-agents ont récemment été employés pour la simulation de situations d'urgences et d'évacuations (Hawe *et al.*, 2012). Ces modèles ont été appliqués à différentes catégories d'aléas, telles que les évacuations en cas de tsunami (Mas *et al.*, 2015), d'inondation (Dawson *et al.*, 2011) ou de cyclone (Widener *et al.*, 2012). La modélisation multi-agents permet une formalisation de différentes catégories d'agents et de comportements, tels que des piétons (Salze *et al.*, 2014), des automobilistes (Handford & Rogers, 2012) ou des responsables de la sécurité civile (Gohardani *et al.*, 2012). Les résolutions spatiales des simulations sont très variées, la plupart se focalisent à l'échelle du bâtiment (Bo *et al.*, 2007) ou de la rue (Helbing & Farkas, 2002), quelques modèles s'intéressent à l'évacuation d'un quartier (Batty *et al.*, 2003) ou d'une ville (Lammel *et al.*, 2010). Aucun de ces modèles d'évacuation, à notre connaissance, n'a été pensé pour évoluer vers la forme de jeu sérieux. Le défi important que représente la transmission de ces recherches à la société civile reste à explorer, ce qui nous a conduit à proposer une évolution d'ESCAPE vers un jeu sérieux.

Objectifs de *ESCAPE – SERIOUS GAME*

- 5 Prendre connaissance des défis posés par une crise, en explorer les différentes dynamiques, tester des stratégies pour en limiter les impacts sont des objectifs pour lesquels les jeux sérieux sont particulièrement adaptés (Loreto *et al.*, 2012). Ils sont à ce titre déjà employés dans le cadre d'exercices de gestion de crise (Boin *et al.*, 2004 ; Lukosch *et al.*, 2012) d'origine technologique ou naturelle (Linehan *et al.*, 2009 ; Kolen *et al.*, 2011 ; Brawley, 2015 ; Widdera *et al.*, 2016). Les arguments en faveur d'une approche par le biais de jeux sérieux sont nombreux (Kriz, 2009) : ils sont moins coûteux et complémentaires des entraînements terrain ; ils permettent de s'entraîner plus souvent tout en autorisant des variations dans les scénarios ; l'ensemble des actions réalisées au cours d'une simulation peuvent être enregistrées, utilisés en retours d'expériences et réutilisés comme instruments pédagogiques pour les scénarios « représentatifs » ; ils tirent profit des technologies numériques pour un rendu toujours plus réaliste (Seaborn & Fels, 2015). L'évaluation des résultats obtenus par les joueurs a également donné lieu à de nombreuses recherches et des propositions de design de jeux en fonctions des objectifs à atteindre (Bedwel *et al.*, 2012). Classiquement, l'approche par le jeu est ainsi évaluée à partir du niveau d'implication des joueurs, des connaissances acquises, de l'encouragement à s'impliquer dans le domaine ou encore de l'amélioration des compétences (Cremers *et al.*, 2014).
- 6 La grande majorité de ces jeux sérieux met en avant l'importance de la communication et de la coordination dans la réalisation des objectifs pédagogiques (Middelhoff *et al.*, 2010 ; Haferkamp *et al.*, 2011 ; Ranglund *et al.*, 2016). Ainsi un jeu sérieux permettrait d'aider les participants à voir les choses différemment (et à agir différemment) par rapport à la manière dont ils ont l'habitude d'agir. Comme nous l'avons dit, les crises se caractérisent par l'absence de solutions évidentes, le manque d'informations fiables et le manque de temps pour réfléchir et débattre d'autres solutions. Les *serious games* peuvent donc aider, par exemple, à optimiser le temps limité dont les participants disposent pour élaborer des réponses créatives à la gestion de la crise et ses évolutions. La structure de règles flexibles peut permettre aux apprenants d'explorer l'espace de simulation, de tester des hypothèses et d'atteindre des objectifs de différentes manières, parfois inattendues. La grande flexibilité et la diversité des voies possibles des succès comme des échecs, peuvent ainsi aider les apprenants à développer une base de connaissances flexible pouvant être appliquée à diverses situations du monde réel (Di Loreto *et al.*, 2012).
- 7 Le projet ESCAPE-SG répond ainsi à la plupart des critères évoqués précédemment, il utilisera en plus les éléments de design des jeux dans un contexte de non jeu (Deterding *et al.*, 2011 ; Rufat & Ter Minassian, 2012) et aura pour vocation à être utilisé en cellule d'exercice de gestion d'alerte et de crise. Sur table tactile, les joueurs auront accès aux cartographies du territoire concernés par l'aléas et pourront afficher l'ensemble des couches d'information géographique d'intérêt ainsi que leurs tables attributaires (fig. 1), que ce soit directement ou à travers une interface filtrant ces informations nombreuses en fonction du rôle du « joueur » : population à différents niveaux d'agrégation (de l'individu à la population par commune), localisation des établissements recevant du publics, réseau routier, transport en commun etc. Un module dédié à la modélisation de différents scénarios d'aléa permettra de visualiser ses dynamiques territoriales auxquelles seront associées des indicateurs, nécessaires

pour que les opérationnels puissent prendre des décisions. Ces informations pourront être localisées, comme le niveau de l'eau au pied d'un pont, ou globale, comme des prévisions météorologiques. Les opérationnels autour de la table pourront prendre différents rôles : celui du maire qui avec son équipe joue le Plan Communal de Sauvegarde, celui de la gendarmerie ou du SDIS responsables des équipes sur le terrain, celui du gestionnaire de trafic qui fournit en temps réel des informations sur les points chauds du territoire. Les informations à la disposition de chaque opérateur pourront être partagées sur un tableau tactile de bord ou au contraire masquée tout ou partie pour simuler les effets d'asymétrie de l'information. Les prises de décision liées à l'évolution du niveau d'alerte seront de la responsabilité des joueurs sous le contrôle du médiateur du jeu si nécessaire. Par exemple le joueur « gendarme » pourra utiliser une de ses ressources pour aller fluidifier la circulation sur un tronçon à la demande du joueur « gestionnaire de trafic », et le médiateur veillera à ce que le déroulé du jeu reste dans le cadre des scénarios préalablement décidés.

Figure 1 : Un exemple de fenêtre de visualisation d'une simulation



SUR LE RÉSEAU ROUTIER APPARAISSENT LES VÉHICULES (VERT) ET LES AUTOBUS (ROUGE), CES DERNIERS ROULANT SUR VOIES PROPRES (VIOLET).

- 8 Si la simulation une fois lancée ne s'arrête qu'à la fin prévue du jeu, toutes les décisions entrées dans le simulateur au cours du jeu seront prises en compte par les modèles qui simulent les dynamiques des agents : déplacement des automobilistes pour évacuer la zone, montée des eaux, actions des gendarmes et des sapeurs-pompiers etc. Chaque décision a donc un effet que le joueur peut visualiser sur la carte ou à partir d'indicateurs, ce qui lui permet d'en évaluer l'efficacité. L'enregistrement de l'ensemble des décisions prises par les joueurs ainsi que leurs effets sur les dynamiques du système global permettront durant les séances de retour d'expérience de discuter des meilleures stratégies, et des plus gros échecs. ESCAPE-SG aura donc pour ambition de

devenir un outil d'aide à la réflexion, à l'acquisition des procédures de planification et à la formation autour des principaux défis que représentent une évacuation des populations en situation d'alerte et de crise.

Méthodologie *ESCAPE – SERIOUS GAME*

- 9 Compte tenu des principes de création d'un jeu sérieux, le défi auquel un tel projet est confronté peut se résumer ainsi : comment concevoir ESCAPE-SG pour répondre à un besoin de formation qui intègre à la fois les éléments fondamentaux de la complexité d'une crise, tout en restant apprenable, jouable et validé par les acteurs et professionnels de la gestion de crise ? Ce principe entraîne une logique récursive dans le développement du projet qui doit intégrer dès le départ des opérationnels de la gestion d'alerte et de la crise. Cette collaboration doit permettre aux utilisateurs et aux intervenants de s'impliquer tout au long du processus de développement d'ESCAPE-SG, de l'expression des besoins initiaux aux expériences de simulation en passant par la validation des compétences acquises au cours des séances de débriefing. Ce principe l'équipe ESCAPE l'a dès le départ privilégié en intégrant dans le projet des opérateurs professionnels de la gestion de crise, sur différents sites qui servent de démonstrateurs : le val d'Authion, la commune de Rouen, La Soufrière de Guadeloupe pour n'en citer que quelques-uns. Il s'agit maintenant d'ouvrir un peu la « boîte noire » que constitue le modèle ESCAPE pour le rendre accessible aux joueurs.
- 10 D'un point de vue informatique, il est donc prévu que l'architecture ESCAPE-SG soit constituée de deux bases logicielles, ESCAPE-SG Server et Client. ESCAPE-SG Server sera une évolution du *plug-in* ESCAPE basé sur l'utilisation de la plateforme GAMA (Grignard *et al.*, 2013). Une seule instance du serveur sera exécutée, contenant l'ensemble des informations sur la simulation (Données cartographiques, Gestion des bus, Répartition des populations, etc.). Plusieurs instances de la partie cliente pourront être exécutées sur différents supports (table tactile, tablette, ordinateur, smartphone). ESCAPE-SG Client sera développé sous Unity, moteur de conception de jeu clef en main permettant d'exporter l'application sur de multiples plateformes, dont Android et iOS. Le choix de cette plateforme s'est principalement fait pour sa facilité d'utilisation et de prototypage comparé à ses concurrents.
- 11 Le développement de ce type de jeu sérieux soulève des défis informatiques. ESCAPE-SG s'appuie en effet sur une simulation multi-agents à grande échelle, comportant des dizaines de milliers d'agents prenant des décisions relativement sophistiquées à chaque seconde (Daudé, 2008 ; Bourgeois *et al.*, 2017). Si les simulations ESCAPE peuvent s'exécuter en temps différé sur des serveurs déportés à grande puissance de calcul, ESCAPE-SG devra s'exécuter en temps réel, et en interaction avec les gestionnaires de la situation de crise. Au-delà des optimisations logicielles nécessaires, cela suppose de surmonter deux verrous notables.
- 12 Durant une catastrophe l'espace géographique est transformé par l'aléa. Les citoyens qui y vivent ou y travaillent n'ont une connaissance que partielle de ces transformations, directement au fur et à mesure de leur confrontation à celles-ci, ou indirectement via la communication notamment des gestionnaires de la crise. Or calculer la prise de décision de déplacement des agents dans cet espace est une part importante du budget de calcul total de la simulation. Répété des dizaines de milliers de fois, le problème n'est pas soluble juste avec de plus gros calculateurs : il faut de

nouveaux modèles pour travailler cette cognition spatiale, basés sur des graphes spatio-temporels hiérarchiques (Del Mondo, 2013). De plus, au cours d'un exercice sur ESCAPE-SG, les gestionnaires doivent percevoir et interagir avec une agglomération de milliers de routes, d'habitations et de bâtiments, des dizaines de milliers de personnes, des centaines d'agents des services d'urgence. Le jeu doit rendre accessible et gérable cette complexité. Une partie de ceci passera par un travail sur l'interface graphique et l'ergonomie, une autre partie sur la détection de ces phénomènes émergents pour les synthétiser aux utilisateurs (Tranouez *et al*, 2006 ; Prévost *et al*, 2004). Nous utiliserons pour cela des méthodes de détections d'objets basés sur des réseaux convolutionnels profonds comme les Class Activation Maps (Zhou, 2016) ou les Invertible Residual Networks (Behrmann, 2019).

Conclusion

- 13 Les simulations informatiques pour l'apprentissage et la formation sont devenues depuis une dizaine d'années des outils majeurs d'amélioration des conditions d'exercice et d'apprentissage. Présentes dans les domaines militaires et médicaux, ces plateformes de simulation n'ont pas encore bénéficié aux décideurs locaux et aux gestionnaires de la gestion de crise, malgré une augmentation notable des risques d'origines naturelle ou technique, notamment dans les espaces urbanisés. C'est à ce manque qu'ESCAPE-SG s'attaque : enrichir et rendre plus réalistes les exercices de gestion de crise par simulation multi-agents. Nous souhaitons progressivement introduire ces outils dans la formation des professionnels, en illustrant, à travers des scénarios calibrés avec nos partenaires, leurs apports à la montée en qualité de la gestion des situations de crises et d'urgence : l'impact attendu va donc d'une diminution significative des dégâts matériels à la préservation de vies humaines.
- 14 À terme, en plus du jeu sérieux pour les professionnels, nous prévoyons le développement d'ESCAPE-Game, dont l'objectif sera de sensibiliser le grand public à la difficulté de l'évaluation des bénéfices et des risques impliqués dans une évacuation massive de population : « Pour Rien » peut entraîner des dépenses et des troubles inutiles, « Trop Tard » peut entraîner une crise dans la crise et des morts. Cette prise de décision est souvent critiquée *a posteriori* (inondations dans l'Aude 2018, accident Lubrizol 2019) mais est complexe *a priori* : ESCAPE-G voudra participer modestement à réconcilier les administrés avec la décision experte et politique.

BIBLIOGRAPHIE

- BATTY M., DESYLLAS J., DUXBURY E. (2003), "The discrete dynamics of small-scale spatial events: agent-based models of mobility in carnivals and street parades", *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 17, n° 7, pp. 673–697.
- BEDWELL W., PAVLAS D., HEYNE K. (2012), "Toward a taxonomy linking game attributes to learning", *Simul. Gaming*, 43(6), pp. 729–760.

BEHRMANN J., GRATHWOHL W., CHEN R., DUVENAUD D., JACOBSEN J. H. (2019), *Invertible Residual Networks*, arXiv:1811.00995v2

BO Y., HUA H., CHENG W., LIJUN L. (2007), "A Multi-Agent and PSO Based Simulation for Human Behavior in Emergency Evacuation", *Int. Conf. Comput. Intell. Secur.* (CIS 2007), pp. 296–300.

BOIN A., CELESTA K. B., OVERDIJK W. (2004), "Crisis simulations: Exploring tomorrow's vulnerabilities and threats", *Simul. Gaming*, 35, pp. 378–39.

BOURGAIS M., TAILLANDIER P., VERCOUTER L. (2017), "Enhancing the behavior of agents in social simulations with emotions and social relations", in *International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. Springer, pp. 89–104.

BRAWLEY R.S. (2015), "Serious games in FEMA Regional Response Coordination Center training and exercises", *Security Studies*, Naval Postgraduate School: Monterey, California.

CHAPUIS K., TAILLANDIER P., GAUDOU B., DROGOUL A., DAUDÉ É. (2018), *A Multi-modal Urban Traffic Agent-Based Framework to Study Individual Response to Catastrophic Events*. PRIMA, Springer Nature, pp. 440–448, doi :10.1007/978-3-030-03098-8_28

ComMod (2005), "La modélisation comme outil d'accompagnement", *Natures Sci. Sociétés*, 13, pp. 165–168.

CREMERS A., STUBBÉ H., BEEK D., ROELOFS M., KERSTHOLT J. (2014), "Does playing the serious game B-SaFe! make citizens more aware of man-made and natural risks in their environment?", *J. Risk Res.*, pp. 1280–1292.

CZURA G., TAILLANDIER P., TRANOUEZ P., DAUDÉ E. (2014), "MOSAIIC: City-level agent-based traffic simulation adapted to emergency situations", *International Conference on Social Modeling and Simulation, plus Econophysics Colloquium*, pp. 265–274, Kobe, Japan.

DAUDÉ É. (2008), "Multi-agent Systems for Simulation in Geography: Moving Towards an Artificial Geography", in Y. GUERMONT (dir.), *The Modeling Process in Geography: From Determinism to Complexity*, Chap. 13, pp. 309–334, ISTE & J. WILEY, GIS Series, London.

DAUDÉ É., CHAPUIS K., TAILLANDIER P., TRANOUEZ P., CARON C., DROGOUL A., GAUDOU B., REY-COYREHOURQ S., SAVAL A., ZUCKER J.-D. (2019), "ESCAPE: Exploring by Simulation Cities Awareness on Population Evacuation", *Proceedings of the 16th ISCRAM Conference, Information Systems for Crisis Response and Management*, pp. 76–93.

DEL MONDO G., RODRIGUEZ A., CLARAMUNT C., BRAVO L., THIBAUD R. (2013), "Modelling consistency of spatio-temporal graphs", *Data & Knowledge Engineering*, vol. 84, pp. 59–80.

DAWSON R. (2011), "An agent-based model for risk-based flood incident management", *Nat. Hazards*, vol. 59, n° 1, pp. 167–189.

DETERDING S., SICART M., NACKE L., O'HARA S., DIXON D. (2011), "Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts", *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA'11*.

DI LORETO I., MORA S., DIVITINI M. (2012), "Collaborative serious games for crisis management: an overview", in *2012 IEEE 21st International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*.

GOHARDANI P., ARDESTANI P., MASOUMI B., MEYBODI R., MEHRABI S. (2012), "Coordination of ambulance team agents in rescue simulation using auction strategy with obstinate agents", *Simul. Ser.*, vol. 44, n° 4 BOOK, pp. 134–139.

- GRIGNARD A., TAILLANDIER P., GAUDOU B., VO D., HUYNH N., DROGOUL A. (2013), "GAMA 1.6: Advancing the Art of Complex Agent-Based Modeling and Simulation", in *Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8291, Springer, pp. 117-131.
- HANDFORD D., ROGERS A. (2012), "An agent-based social forces model for driver evacuation behaviours", *Prog. Artif. Intell.*, pp. 173-181.
- HAFERKAMP N., LINEHAN C., KRÄMER N., SCHEMBRI M. (2011), "Training disaster communication by means of serious games in virtual environments", *Entertainment Comput.*, vol. 2(2), pp. 81-88.
- HAWE G., COATES G., WILSON D., CROUCH R. (2012), "Agent-based simulation for large-scale emergency response", *Comput. Surv.*, vol. 45(1), pp. 1-51.
- HELBING D., FARKAS I. (2002), "Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations", *Pedestr. evacuation Dyn.*, vol. 21, pp. 21-58.
- KOLEN B., THONUS B., ZUILEKOM K. M., DE ROMPH E. (2011), "Evacuation a serious game for preparation", *Int. Conf. Networking, Sens. Control. ICNSC*, pp. 317-322.
- KRIZ W. (2009), "Bridging the Gap. Transforming Knowledge Into Action Through Gaming and Simulation", *Simul. Gaming*, vol. 40, pp. 28-29.
- LAMMEL G., GREYER D., NAGEL K. (2010), "The representation and implementation of time-dependent inundation in large-scale microscopic evacuation simulations", *Transp. Res. Emerg. Technol.*, vol. 1(1), pp. 84-98.
- LINEHAN C., LAWSON S., DOUGHTY M., KIRMAN B. (2009), "There's no 'I' in 'Emergency Management Team': Designing and evaluating a serious game for training emergency managers in group decision making skills", in *Proc. 39th Conf. Soc. Adv. Games Simulations Educ. Train*, pp. 20-27.
- LUKOSCH H., VAN RUIJVEN T., VERBRAECK A. (2012), "The other city - designing a serious game for crisis training in close protection", *International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management*.
- MAS E., KOSHIMURA S., IMAMURA F., SUPPASRI A., MUHARI A., ADRIANO B. (2015), "Recent Advances in Agent-Based Tsunami Evacuation Simulations: Case Studies in Indonesia, Thailand, Japan and Peru", *Pure Appl. Geophys.*, vol. 172, n° 12, pp. 3409-3424.
- WIDERA A., MIDDELHOFF M., HELLINGRATH B., AUFERBAUER D. (2016), "Crowdsourcing and Crowdtasking in Crisis Management: Lessons learned from a field experiment simulating a flooding in the city of the Hague", *International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management*.
- NOVEMBER V., CRETON-CAZANAVE L. (2017), *La gestion de crise à l'épreuve de l'exercice - EU SEQUANA*, Documentation française.
- PREVOST G., TRANOUEZ P., LEREBOURG S., BERTELLE C., OLIVIER D. (2004), "Ecosystem complexity described with ontological tool for multi-scale, multi-model approaches in distributed environment", *JICCSE*.
- RADIANTI J., LAZREG M. B., GRANMO O. C. (2015), "Fire simulation-based adaptation of SmartRescue app for serious game: design, setup and user experience", *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 46, pp. 312- 325.
- RADIANTI J., TRONSLIEN M., MOLAND M. (2017), "A Crisis Management Serious Game for Responding Extreme Weather Event", in *ISCRAM*, pp. 131-14.

RANGLUND O. J., KIONIG L., HOLEN S., VOLD T., VENEMYR G., BAK B. (2016), "Using games for teaching crisis communication in higher education and training", *15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training*.

RUFAT S., TER MINASSIAN H. (2012), "Video games and urban simulation: New tools or new tricks?", *CyberGeo*, n° 622, DOI: 10.4000/cybergegeo.25561.

TRANOUEZ P., BERTELLE C., OLIVIER D. (2006), "Changing levels of description in a fluid flow simulation", *Understanding Complex Systems*, pp. 87–99.

TRANOUEZ P., DAUDÉ E., LANGLOIS P. (2012), "A multiagent urban traffic simulation", *Journal of Nonlinear Systems and Applications*, vol. 3, (3-4), pp. 98–106.

SALZE P., BECK E., DOUVINET J., ALMARIC M., BONNET E., DAUDÉ É., DURAFFOUR F., SHEEREN D. (2014), "TOXI-CITY: an agent-based model for exploring the effects of risk awareness and spatial configuration on the survival rate in the case of industrial accidents", *Cybergegeo*, vol. 2014, DOI: 10.4000/cybergegeo.26522

SEABORN K., FELLS D. I. (2015), "Gamification in theory and action: A survey", *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 74, pp. 14–31.

WANG B., REZGUI Y., LI H., BRADLEY A. (2014), "BIM based virtual environment for fire emergency evacuation", *Sci. World J.*, vol. 22.

WIDENER M., METCALF S., HORNER M. (2012), "Simulating the effects of social networks on a population's hurricane evacuation participation", *J. Geogr. Syst.*, vol. 15, n° 2, pp. 193–209.

ZHOU B., KHOSLA A., LAPEDRIZA A., OLIVA A., TORRALBA A. (2016), "Learning deep features for discriminative localization", in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2921–2929.

NOTES

1. Projet soutenu par la Région Normandie dans le cadre des dispositifs « Réseaux d'Intérêt Normands » RIN-Tremplin 2019.
2. Projet soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche, ANR ESCAPE, ANR-16-CE39-0011-01.

RÉSUMÉS

Escape-SG est un projet de simulateur pour l'apprentissage inspiré des serious game. Il immergera les stagiaires dans des situations réalistes de crises potentiellement majeures nécessitant l'évacuation des populations. Élaborées pour et avec les acteurs de gestion de crise, ces mises en situation auront pour objectif d'évaluer leurs connaissances des procédures, d'améliorer leurs capacités d'interaction et de communication au sein des cellules de crise et de les préparer à gérer des événements majeurs pouvant impliquer le déplacement massif de population. Développé pour fonctionner sur table tactile, ce simulateur s'intégrera dans les salles de simulation de gestion de crise où il apportera une contribution importante par la prise en compte de dynamiques sociales complexes dans les scénarios proposés.

Escape-SG is a simulator project inspired by serious games. It will immerse the trainees in realistic situations of potentially major crises requiring the evacuation of populations. Developed for and with crisis management actors, these scenarios will aim to assess their knowledge of procedures, improve their interaction and communication skills within crisis cells and prepare them to manage major events that may involve massive population displacement. Developed to operate on a touch table, this simulator will be integrated into crisis management simulation rooms where it will make an important contribution considering complex social dynamics in the scenarios proposed.

INDEX

Keywords : evacuation of populations, simulation, serious play, learning, alert management and crisis management

Mots-clés : évacuation des populations, simulation, jeu sérieux, apprentissage, gestion de l'alerte et gestion de crise

AUTEURS

ÉRIC DAUDÉ

Directeur de recherche en géographie, CNRS, UMR 6266 IDEES, CNRS Normandie université,
eric.daude@cnrs.fr

PIERRICK TRANOUEZ

Ingénieur de recherche en informatique, EA 4108 LITIS, Normandie université,
pierrick.tranouez@univ-rouen.fr