

# Robots-radiamètres, propositions pour la complétude des mesures de la radioactivité

Antonin Segault\*, Federico Tajariol, Ioan Roxin

Univ. Bourgogne Franche-Comté  
Laboratoire ELLIADD

## ABSTRACT

Après un accident nucléaire, la mesure de la radioactivité devient cruciale pour les personnes vivant dans des territoires contaminés. Suite à l'accident de Fukushima Daiichi, des objets connectés ont été utilisés pour publier des mesures sur Twitter. Cependant, beaucoup de ces outils ne fournissent pas les métadonnées nécessaires à la réutilisation des mesures. Dans cet article, nous présentons une série de recommandations pour favoriser la complétude des mesures, ainsi qu'un prototype destiné à diffuser ces recommandations.

**Keywords:** Objets connectés, médias sociaux, communication de crise, accident nucléaire

## 1 INTRODUCTION

L'année 2016 a été marquée par la double commémoration des 30 ans de l'accident nucléaire de Tchernobyl (mai 1986) et des 5 ans de celui de Fukushima (mars 2011). Au cours de ces deux catastrophes, les rejets de substances radioactives ont contaminé de large territoires. Malgré l'évacuation des zones les plus fortement touchées, des milliers de personnes vivent toujours dans un environnement les exposant à des rayonnements ionisants dangereux pour la santé. Pour ces personnes, la mesure de la radioactivité et son interprétation sont devenues des nécessités du quotidien, comme l'illustre ce *haiku* [1] :

A trois ans,  
Ma fille sait dire « césium » ...  
Averse de printemps

Dans cet article, nous reviendrons tout d'abord sur la place croissante des technologies de l'information et de la communication lors des catastrophes, puis nous attarderons sur les spécificités des accidents nucléaires. Nous décrirons un type d'objet connecté qui a été mis en place après l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi pour permettre la diffusion de mesures de la radioactivité. Nous montrerons que les mesures publiées par ces systèmes souffrent d'une incomplétude susceptible de nuire à leur réutilisation. Nous présenterons des recommandations que nous avons formulées pour pallier ce défaut, ainsi que le prototype que nous développons actuellement pour encourager l'usage de ces recommandations.

## 2 CONTEXTE

### 2.1 Communication de crise et médias sociaux

La « communication de crise » désigne la collecte, le traitement et la diffusion de toutes les informations qui sont nécessaires à la gestion d'une situation de crise [2]. Sa fonction est de faciliter la

collaboration des nombreuses personnes concernées par la gestion de la crise (e.g. citoyens, services de secours, autorités). En raison des ressources, besoins et objectifs variés de ces acteurs, la communication de crise vise à construire une représentation partagée de la situation intégrant les points de vue de ces différents acteurs [3].

Pour les besoins de ce processus, les médias sociaux sont de plus en plus utilisés par les personnes faisant face à des situations de crise. En effet, les médias sociaux facilitent la publication sur le Web de contenus générés par des utilisateurs ne disposant pas nécessairement de compétences avancées en informatique [4]. Une grande variété d'usages sont apparus, de la simple diffusion d'alertes à des processus collaboratifs complexes (Figure 1). Ces outils permettent une gestion de la crise hautement parallèle et distribuée : de nombreux internautes peuvent y contribuer en même temps, depuis des lieux différents [5].

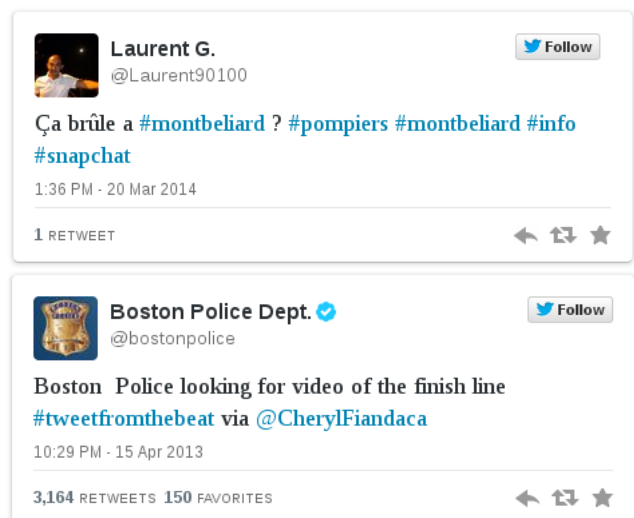


Figure 1: Usages de Twitter en situation de crise

### 2.2 Communication de crise post-accident nucléaire

Lors d'un accident nucléaire, des particules radioactives (ou radionucléides) sont relâchées dans l'environnement et peuvent contaminer de larges zones pour des siècles, exposant leurs habitants à des rayonnements ionisants dangereux. En raison de l'invisibilité du risque radiologique, il est nécessaire de mesurer l'intensité du rayonnement pour déterminer la contamination des lieux, des aliments ou encore l'incorporation de radionucléides dans le corps humain. La mesure est donc cruciale pour l'évaluation du risque sanitaire et le choix des éventuelles contre-mesures à appliquer pour limiter ces risques (e.g. restrictions alimentaires, zones à éviter) [6]. La radioactivité ambiante est mesurée à l'aide d'appareils nommés radiamètres, dont le compteur Geiger-Müller est le plus célèbre représentant.

Après l'accident nucléaire de Fukushima, les citoyens japonais, face au manque de données officielles, se sont organisés pour

\* antonin.segault@edu.univ-fcomte.fr

déterminer l'ampleur de la contamination de leur pays. Ils ont utilisé les médias sociaux pour compiler, comparer, traiter, cartographier et diffuser les rares mesures officielles disponibles [7]. D'autres, aidés d'ingénieurs et d'universitaires, ont entrepris la construction de radiamètres leur permettant de réaliser leurs propres mesures de la radioactivité [8] (Figure 2).

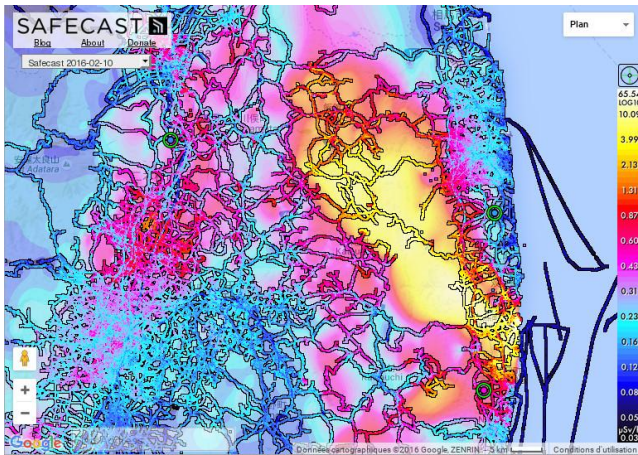


Figure 2: Carte collaborative de la radioactivité réalisée grâce aux mesures des radiamètres de l'association Safecast

### 2.3 Radiamètres connectés sur Twitter

Sur les médias sociaux, une part significative des contenus est publiée par des programmes informatiques automatisés, appelés robots ou bots [9]. Certains de ces bots exploitent la plateforme de microblogging Twitter pour diffuser les données générées par des capteurs connectés. Par exemple, à l'aide d'un capteur d'humidité, le système Botanicals<sup>1</sup> prévient l'utilisateur via Twitter que ses plantes ont besoin d'être arrosées. Les médias sociaux peuvent ainsi servir de vecteurs de communication pour les objets connectés, et deviennent ainsi une composante clef de l'Internet des Objets [10].

Ces outils présentent des atouts indéniables pour la communication en situation de crise, car ils facilitent l'accès et la circulation des données produites par les capteurs. Dans une étude précédente [11], nous avons identifié et analysé des outils diffusant, via Twitter et à intervalle régulier, des mesures de la radioactivité (Figure 3). Ces systèmes sont constitués d'un radiamètre connecté à un ordinateur, sur lequel un programme informatique traite et publie automatiquement les mesures. Nous avons également repéré deux « robots clefs en main », des systèmes d'aide à la publication permettant de créer des bots sans mobiliser d'importantes connaissances techniques. Cela semble indiquer un effort pour étendre l'usage de ces objets connectés au-delà d'un petit groupe de technophiles.



Figure 3: Tweet publié par un robot-radiamètre

Nous avons constaté que les robots-radiamètres étaient largement suivis par les usagers de Twitter dans les quelques mois suivant l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi. En revanche, les bots créés plus tardivement sont nettement moins populaires, signe d'une importante et constante baisse d'intérêt. Par ailleurs, les capteurs sont peu précis et ne fournissent que des mesures approximatives. Enfin, le principal défaut de la majorité des bots est qu'ils ne publient que très peu de métadonnées, c'est à dire d'informations sur la procédure de production des mesures (e.g. appareil utilisé, réglages, localisation exacte). Cela constitue une forte limite à la réutilisation des données et à leur intégration dans des applications assurant leur circulation auprès des communautés concernées.

### 3 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le manque de complétude des mesures de la radioactivité est un problème qui a affecté la circulation des informations lors des principaux accidents nucléaires [12]. Pourtant les seules recommandations en la matière ont été proposées il y a plus de 35 ans [13]. Malgré les deux accidents nucléaires majeurs (Tchernobyl et Fukushima Daiichi) survenus entre temps, les progrès des connaissances en termes de radioprotection [14], et l'évolution des pratiques de communication de crise, nous n'avons pu trouver trace d'aucun travaux plus récents sur ce sujet.

Dans cet article, nous décrivons le développement de nouvelles recommandations pour assurer la complétude des mesures de la radioprotection lors de leur diffusion sur des plateformes de médias sociaux telles que Twitter. Nous présentons les métadonnées contribuant à la réutilisabilité des mesures ainsi que nos recommandations pour l'acceptabilité de leur présentation visuelle [15]. Enfin, nous proposons des pistes pour le développement de bots favorisant la complétude des mesures.

### 4 METHODOLOGIE

#### 4.1 Observation des bots

Nous avons dans un premier temps identifié un échantillon de bots actifs (N=44), puis collecté leurs publications et les données de leur profil, suivant la même méthode que dans notre étude précédente [11]. Nous avons étudié les différentes métadonnées incluses dans les tweets et le profil d'utilisateur (Tableau 1).

Métadonnée	Texte du tweet	Desc. du profil	Loc. du profil
Lieu de mesure	40	-	-
Coordonnées GPS	34	16	20
Description du lieu	2	4	-
Nom du radiamètre	4	19	-
Précision de la mesure	15	-	-
Maximales / minimales	5	-	-
Durée de la mesure	29	-	-
Évaluation qualitative	1	-	-
Fréquence de publication	-	12	-
Avertissement	-	6	-
Autres capteurs	18	-	-
Mesures dans plusieurs lieux	3	-	-
Hashtags géographiques	3	-	-
Hashtags thématiques	23	-	-

Tableau 1: Usage de métadonnées par les bots

Tandis que certaines métadonnées (e.g. date, localisation) sont présentes chez un grand nombre de bots, d'autres (e.g. évaluation qualitative, hashtag géographique) ne sont fournies que par quelques robots. On peut également constater que, si la plupart des métadonnées sont publiées dans le texte du tweet, certaines (e.g. nom du radiamètre, fréquence de publication) se trouvent plus fréquemment dans d'autres champs du profil (description ou localisation)

La complétude des mesures diffusées par ces bots est globalement assez faible, avec 5,1 métadonnées en moyenne. L'analyse de la distribution du nombre de métadonnées (Figure 4) montre néanmoins une forte hétérogénéité : si 41% des bots publient très peu de métadonnées (de 2 à 4), 59% diffusent des mesures plus complètes (au moins 5 métadonnées, avec un pic à 7). Sans surprise, aucun bot ne publie l'ensemble des quatorze métadonnées étudiées.

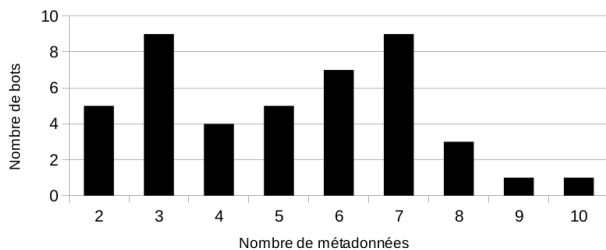


Figure 4: Distribution du nombre de métadonnées

#### 4.2 Enquête par questionnaires

Nous avons ensuite entrepris de déterminer l'utilité de chacune de ces métadonnées. Nous avons tout d'abord présenté à un groupe d'experts de la radioprotection la liste des métadonnées précédemment constituée (Tableau 1). Sur la base de leurs suggestions, nous l'avons modifiée, aboutissant à une liste de 18 métadonnées.

La première étape a consisté à faire évaluer l'utilité perçue de chaque métadonnée par un panel de seize experts de la radioprotection issus du CEPN<sup>2</sup>, de l'IRSN<sup>3</sup> et du KIT<sup>4</sup>. Nous avons conçu un questionnaire d'évaluation (échelle de Likert en cinq points, allant d'« inutile » à « indispensable ») en français et en anglais. La plupart des répondants travaillent dans le domaine de la radioprotection depuis au moins dix ans (75%). Ils n'utilisent en revanche que peu les médias sociaux : Facebook est utilisé « fréquemment » par 13% d'entre-eux, et « occasionnellement » par 44%; Twitter est utilisé « fréquemment » par 6% d'entre-eux, et « occasionnellement » par 25%.

La seconde étape a consisté à évaluer les perceptions de citoyens non-experts. Nous avons diffusé le même questionnaire d'évaluation auprès de la communauté des utilisateurs des radiamètre Pocket Geiger par le biais de messages sur les sites et pages Facebook (japonaises et anglaises) du dispositif. Nous avons ajouté une question spécifique portant sur huit métadonnées : les participants pouvaient indiquer s'il leur semblait préférable de répéter ces métadonnées dans chaque tweet ou de ne les afficher que dans le profil du bot. Nous leur demandions également de préciser leurs expériences préalables en matière de partage des mesures de la radioactivité sur les médias

2 Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire : <http://cepn.asso.fr>

3 Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire : <http://irsn.fr>

4 Karlsruhe Institute of Technology : <http://kit.edu>

sociaux. Nous avons reçu quarante réponses au questionnaire japonais et quatre pour la version anglaise. Les participants sont principalement des hommes (82%, contre 7% de femmes et 11% inconnus), avec un âge moyen de 52 ans (37 ans minimum, 69 ans maximum), vivant au Japon mais hors de la préfecture de Fukushima (89%). Ils utilisent « plusieurs fois par jour » Facebook (59%) et Twitter (39%). Ils sont par ailleurs très expérimentés en termes de mesure de la radioactivité, puisque 93% possèdent un radiamètre. Beaucoup ont déjà utilisé les médias sociaux pour consulter des mesures de la radioactivité (50% sur Facebook, 39% sur Twitter) et certains en ont également publié (27% sur Facebook, 25% sur Twitter).

## 5 RESULTATS

### 5.1 Utilité perçue des métadonnées

Pour mieux comparer l'utilité perçue des deux groupes, nous avons représenté leurs réponses sur un même graphe (Figure 5). Les deux métadonnées les plus présentes dans les bots précédemment étudiés (la date de la mesure et le nom du lieu de mesure) se distinguent également par leur forte utilité perçue, tant chez les experts que chez les non-experts. Le faible écart-type dans les réponses semble en outre indiquer que cette préférence fait relativement consensus au sein de deux panels.

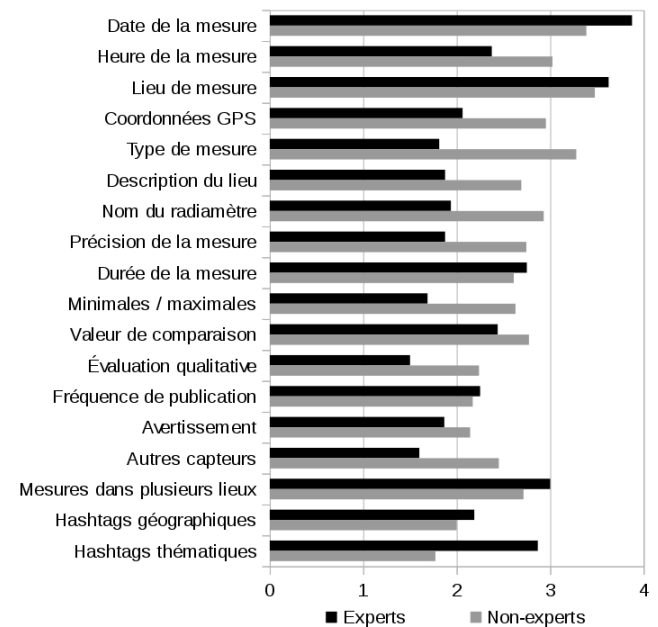


Figure 5: Utilité perçue des métadonnées

Une analyse plus fine des résultats nous a également permis de détecter des métadonnées dont l'utilité perçue est élevée pour un groupe et moyenne pour l'autre : > 2,75 pour les experts et > 1,75 pour les non-experts, ou > 2,5 pour les non-experts et > 2.5 pour les experts. Nous avons ainsi pu identifier sept nouvelles métadonnées : heure de la mesure, coordonnées GPS du lieu de mesure, type de mesure, nom du radiamètre, durée de la mesure, valeur de comparaison et mesures dans différents lieux.

### 5.2 Préférences de format

Les non-experts ne montrent pas de préférence nette quant à la présentation des métadonnées (Figure 6). Seule la localisation de la mesure fait l'objet d'un relatif consensus en faveur de la

répétition dans chaque tweet (80%). Les autres peuvent être indifféremment publiées dans les tweets ou dans le profil.

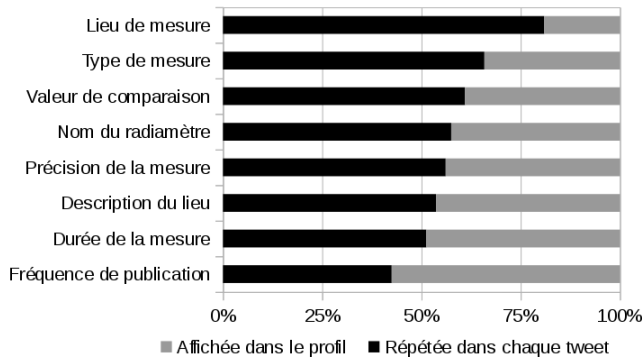


Figure 6: Préférences de format des métadonnées

### 5.3 Recommandations

À la lumière de ces résultats, les métadonnées contribuant à la complétude des mesures de la radioactivité par les bots Twitter peuvent être classées ainsi :

- indispensables : la date et le nom du lieu de mesure ;
- recommandées : l'heure de la mesure, les coordonnées GPS du lieu, le type de mesure (intérieure ou extérieure), le nom du radiamètre, la durée de mesure, une valeur de comparaison et la publication des valeurs pour plusieurs lieux différents ;
- répété dans chaque tweet : le nom du lieu de mesure.

Néanmoins, aucune des autres métadonnées étudiées n'a été perçue comme inutile. Toutes peuvent donc être publiées, tant que ce n'est pas au détriment de la visibilité des métadonnées les plus utiles.

## 6 PROTOTYPE

A partir de ces recommandations, nous avons conçu un programme de bot, de type « robots clefs en main ». Cet outil facilite la création de bots Twitter diffusant des mesures aussi complètes que possible.

### 6.1 Design persuasif

Le prototype a été conçu de manière à favoriser la complétude des mesures de la radioactivité publiés par les bots. Pour inciter les créateurs de bots à fournir un maximum de métadonnées, il met en œuvre plusieurs mécanismes de communication persuasive. La persuasion peut être définie comme une « tentative non-coercitive de changer les attitudes ou les comportements » [16]. Le design persuasif vise à augmenter la probabilité qu'un utilisateur adopte un certain comportement. Il affecte pour cela deux dimensions des perceptions de l'utilisateur : sa capacité (*ability*) à effectuer la tâche et sa motivation [17].

Pour accroître la capacité de l'utilisateur à réaliser la tâche, nous avons tout d'abord limité le nombre et la complexité des informations requises pour configurer le profil du bot. Nous avons notamment automatisé la collecte de certaines informations. Ainsi, la localisation de l'utilisateur est tout d'abord estimée à l'aide d'un service d'IP mapping<sup>5</sup>. Ces outils utilisent d'immenses bases de données d'adresses IP pour estimer la ville et le pays desquels un internaute se connecte<sup>6</sup>. Pour obtenir les coordonnées

GPS du bot (qui ne peuvent être précisément calculées par l'IP mapping), nous ne demandons à l'utilisateur que de fournir une adresse postale. Nous utilisons ensuite un service de géocoding<sup>7,8</sup> pour en déterminer les coordonnées.

Pour certaines métadonnées (hashtags, nom du radiamètre, durée de la mesure, fréquence de publication), le programme fournit des valeurs par défaut que nous considérons adéquates pour la majorité des utilisateurs. Un système de fichier de configuration sauvegarde par ailleurs les métadonnées fournies par l'utilisateur, lui évitant une nouvelle saisie s'il souhaite relancer la configuration de son bot ou déployer plusieurs bots similaires. Enfin, pour chaque métadonnée, des descriptions de la saisie attendue sont affichées, afin de guider l'utilisateur.

Lorsque l'utilisateur souhaite valider la configuration de son bot, un système en évalue la complétude et, le cas échéant, incite l'utilisateur à parfaire sa saisie. Les métadonnées non renseignées sont listées et leur champ de saisie coloré en rouge, de manière à faciliter leur identification. Selon le niveau de complétude atteint, différents messages d'encouragement sont également affichés (Tableau 2), rappelant les avantages de mesures complètes pour stimuler la motivation des utilisateurs. Un message de félicitations est également affiché pour les plus consciencieux.

	Config. basique	Config. avancée
<b>Config. incomplète</b>	The bot description is still incomplete, which may hinder the reuse of the measurements. You can add the following metadata : [liste]	The bot description is quite complete. To support the reuse of the measurements, you can still add the following metadata : [liste]
<b>Config. complète</b>	The bot description is quite complete. This will support the reuse of the measurements. To add more metadata, please check the Advanced configuration	The bot description is now complete. This will support the reuse of the measurements

Tableau 2: Messages d'encouragement

### 6.2 Développement

Nous développons actuellement un prototype de ce programme, nommé Radbird, afin de tester la faisabilité technique des différentes fonctionnalités, mais aussi de pouvoir ultérieurement évaluer leur utilisabilité et l'efficacité des techniques de communication persuasive mises en œuvre.

Ce prototype doit permettre de publier automatiquement sur Twitter les mesures d'un radiamètre Pocket Geiger type 5 [18], connecté à un ordinateur à travers un microcontrôleur Arduino. Nous utilisons l'environnement de développement Processing pour faciliter le prototypage [19].

Notre outil offre une interface graphique aidant à la saisie des différentes métadonnées, selon les procédés de communication persuasive précédemment décrits. Le programme utilise ensuite ces métadonnées pour compléter le profile Twitter du bot et définir le format des tweets qui seront publiés. La première version se limite à un sous-ensemble des métadonnées que nous avons identifiées : onze parmi les dix-huit de la liste initiale, dont

<sup>5</sup> Fourni par IP-API : ip-api.com

<sup>6</sup> Dans la mesure où ces services ne sont pas toujours fiables, nous donnons toujours à l'utilisateur la possibilité de corriger manuellement ces métadonnées

<sup>7</sup> Dans ce cas également, l'utilisateur peut saisir manuellement ses coordonnées s'il ne souhaite pas fournir son adresse ou si le géocoding s'avère inexact

<sup>8</sup> Fourni par OpenCage : <https://geocoder.opencagedata.com>

les deux métadonnées perçues comme « indispensables » et cinq des sept métadonnées « recommandées ».

Les premières versions peuvent être téléchargées et testées depuis le dépôt Git du projet : <https://github.com/asegault/radbird>

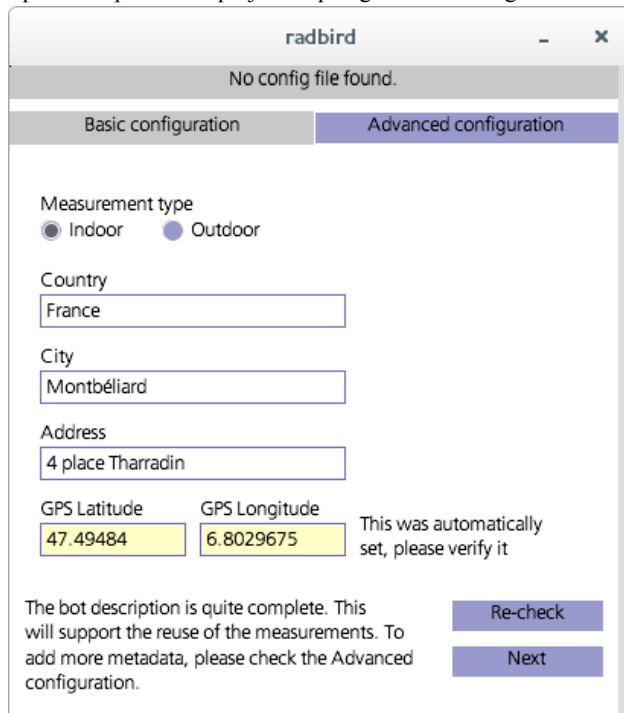


Figure 7: Capture d'écran de Radbird, notre prototype de bot

## 7 CONCLUSIONS

Ce travail visait à examiner le problème de l'incomplétude des mesures de la radioactivité publiées par les bots Twitter. Nous avons pu lister les métadonnées utilisées par ces bots et, l'analyse de leur usage, confirmer le manque important de complétude des mesures. En évaluant, auprès d'experts et de non-experts, l'utilité perçue des métadonnées, nous avons proposé une série de recommandations visant à aider la conception de bots plus complets. Pour promouvoir ces recommandations auprès des utilisateurs et des concepteurs, nous avons ensuite entrepris le développement d'un prototype de bot. Ce programme s'appuie sur des techniques de design persuasif pour inciter ses utilisateurs à saisir le plus de métadonnées.

En raison de la faible taille et de la forte homogénéité du panel de non-experts, les recommandations fournies dans cet article doivent être considérées avec prudence. Nous estimons notamment qu'une plus large étude permettrait de mieux comprendre les perceptions propres à certaines catégories d'individus (en termes d'âge, de compétences, de culture, de proximité avec l'accident) et de proposer des recommandations adaptées à ces différents profils. Notre prototype de bots pourrait permettre d'éprouver ces hypothèses par le biais de tests utilisateurs.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet de recherche SCOPANUM, financé par le Conseil Supérieur de la Formation et de la Recherche Stratégiques, et bénéficiant d'un contrat doctoral financé par Pays de Montbéliard Agglomération.

Les auteurs souhaiteraient par ailleurs remercier les experts du CEPN, de l'IRSN et du KIT qui ont participé au panel, Dr. Yang Ishigaki pour son aide dans la collecte des données d'enquête,

ainsi que les étudiants Horia Darastean et Alexandra Stan, qui ont contribué au développement des premières versions du prototype de bot.

## REFERENCES

- [1] S. Mabesoone, *Après Fukushima*. Golias, 2012.
- [2] W. T. Coombs, « Parameters for crisis communication », *The handbook of crisis communication*, p. 17–53, 2010.
- [3] M. W. Seeger, « Introduction to Crisis Communication Theory », in *Theorizing Crisis Communication*, Wiley-Blackwell, 2013.
- [4] A. M. Kaplan et M. Haenlein, « Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media », *Business horizons*, vol. 53, n° 1, p. 59–68, 2010.
- [5] L. Palen, K. M. Anderson, G. Mark, J. Martin, D. Sicker, M. Palmer, et D. Grunwald, « A vision for technology-mediated support for public participation & assistance in mass emergencies & disasters », in *Proceedings of the 2010 ACM-BCS Visions of Computer Science Conference*, 2010, p. 8:1--8:12.
- [6] SAGE Project, *Guidance on Practical Radiation Protection for People Living in Long-Term Contaminated Territories*. 2005.
- [7] J.-C. Plantin, « The politics of mapping platforms: participatory radiation mapping after the Fukushima Daiichi disaster », *Media, Culture & Society*, vol. 37, n° 6, p. 904–921, 2015.
- [8] D. Kera, J. Rod, et R. Peterova, « Post-apocalyptic citizenship and humanitarian hardware », in *Nuclear Disaster at Fukushima Daiichi: Social, Political and Environmental Issues*, R. Hindmarch, Éd. Londres: Routledge, 2013, p. 97--115.
- [9] Z. Chu, S. Gianvecchio, H. Wang, et S. Jajodia, « Who is tweeting on Twitter: human, bot, or cyborg? », in *ACSAC '10 Proceedings of the 26th Annual Computer Security Applications Conference*, 2010, p. 21–30.
- [10] M. Kranz, L. Roalter, et F. Michahelles, « Things That Twitter: Social Networks and the Internet of Things », in *What can the Internet of Things do for the Citizen (CIoT) Workshop at The Eighth International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2010)*, 2010, p. 1-10.
- [11] A. Segault, F. Tajariol, et I. Roxin, « Twitter, robots et radiamètres : des objets connectés pour la diffusion de l'information après un accident radiologique », in *H2PTM 2015, Le numérique à l'ère de l'Internet des objets : de l'hypertexte à l'hyper-objet*, Paris, France, 2015, p. 100--112.
- [12] S. M. Friedman, « Three Mile Island, Chernobyl, and Fukushima: An analysis of traditional and new media coverage of nuclear accidents and radiation », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 67, n° 5, p. 55–65, 2011.
- [13] D. M. Rubin, « President's Commission: Report Of The Public's Right To Information Task Force », 1979.
- [14] ICRP, « The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection », ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4), 2007.
- [15] O. Inbar, N. Tractinsky, et J. Meyer, « Minimalism in information visualization: attitudes towards maximizing the data-ink ratio », in *Proceedings of the 14th European conference on Cognitive ergonomics: invent! explore!*, 2007, p. 185–188.
- [16] B. Fogg, G. Cuellar, et D. Danielson, « Motivating, influencing, and persuading users », in *The Human-Computer Interaction Handbook*, 2007, p. 134-147.
- [17] B. J. Fogg, « A behavior model for persuasive design », in *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology*, 2009, p. 40.
- [18] Y. Ishigaki, Y. Matsumoto, Y. Matsuno, et K. Tanaka, « Participatory Radiation Information Monitoring with SNS after Fukushima », in *ISCRAM 2015, Proceedings of the 12th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management*, Kristiansand, Norway, 2015.

[19] C. Reas et B. Fry, « Processing: programming for the media arts », *AI & Society*, vol. 20, n° 4, p. 526–538, 2006.