MODÉLISATION ET RAISONNEMENT SPATIAL FLOUS POUR L'AIDE À LA LOCALISATION DE VICTIMES EN MONTAGNE[1]

par Mattia Bunel

Plus de 15 000 demandes de secours en montagne sont recensées chaque année, sur le territoire français, en majorité durant les périodes estivales et hivernales. Lorsque ces demandes concernent des interventions à l'extérieur des domaines skiables elles sont réalisées par des corps spécialisés, comme les pelotons de Gendarmerie en haute-montagne (PGHM). Ces secouristes spécialisés sont chargés de l'opération de secours en tant que telle, mais également de sa préparation, ce qui implique notamment de délimiter la zone d'intervention et donc d'identifier la position de la victime. Cette étape peut être délicate. Il est fréquent que la victime ait du mal à donner une description suffisamment claire de l'endroit où elle se trouve et de la façon dont elle y est arrivée. Pour faciliter cette étape de localisation, les sauveteurs du PGHM ont développé un outil, *GendLoc,* leur permettant de localiser une victime à l'aide du GPS de son smartphone. Cette solution permet une localisation rapide et efficace, ce qui simplifie grandement la préparation de l'intervention. Il existe cependant certaines situations où les sauveteurs ne peuvent pas utiliser *GendLoc.* Par exemple, lorsque la personne ne dispose pas d'un smartphone, ou qu'elle n'est pas en mesure d'effectuer les manipulations nécessaires. Dans ce cas, les secouristes doivent localiser la victime manuellement, en recoupant les indications qu'elle leur donne oralement avec les données dont ils disposent et leurs connaissances. Cette approche manuelle, nettement plus longue et imprécise, peut avoir de graves conséquences. Les secouristes sont donc à la recherche de solutions permettant de limiter ce problème.

Le projet Choucas vise précisément à répondre à cette problématique. Les victimes décrivent généralement leur position en se situant par rapport à d'autres objets. Par exemple, dans la phrase « Je suis au sommet », la position du locuteur est donnée par rapport à un *objet de référence* : le sommet. On parle alors de *référencement spatial indirect.* Le but de ma thèse de doctorat était de proposer une méthode permettant d'identifier la zone correspondant à une telle description, c'est-à-dire de passer d'une position exprimée dans un *référentiel indirect,* à une position décrite dans un *référentiel direct* (*e.g.* des coordonnées GPS).

La méthode proposée permet de traiter un ensemble de relations spatiales définies dans une ontologie spécifique : ORL (Ontologie des relations de localisation)[2]. Elle est basée sur un principe de décomposition des relations de localisation. En effet, nous avons constaté qu'il existait des similitudes sémantiques entre certaines *relations de localisation.* Le principe de décomposition consiste à identifier ces similarités afin de construire des *relations de localisation atomiques,* dont la sémantique de la conjonction est équivalente à la sémantique de la relation non décomposée. Par exemple, la relation de localisation « sous » peut être interprétée comme la combinaison d'une notion de différence d'altitude et d'une notion de proximité : une position ne sera pas décrite comme « sous » si elle est très éloignée de l'objet de référence. Le principe de décomposition des *relations de localisation* permet de développer des méthodes de spatialisation spécifiques à chaque *relation de localisation atomique* et de les utiliser pour spatialiser toute relation de localisation qui en est composée. Par exemple, la relation de localisation atomique "proximité", qui a été utilisée dans la décomposition de la relation de localisation « sous » peut être utilisée pour spatialiser toute relation de localisation qui en est composée, par exemple « proche ».

La méthode proposée est basée sur trois phases principales, qui permettent de passer d'un *ensemble*

1 Modélisation et raisonnement spatial flous pour l'aide à la localisation de victimes en montagne. Thèse de doctorat en Sciences et Technologies de l'Information Géographique, sous la direction de Cécile Duchêne et Ana-Maria Olteanu-Raimond. Soutenue à l'Université Gustave Eiffel, le 19 02 2021.
2 https://github.com/ANRChoucas/orl

d'indices de localisation (la description de la position donnée par la victime) à une *zone de localisation probable* (ZLP), spatialisant tous les indices de localisation donnés par la victime (fig. 1). La première phase est dite « de décomposition ». C'est notamment durant cette étape que les *relations de localisation* sont décomposées en *relations de localisation atomiques.* La phase de décomposition est suivie d'une phase de spatialisation dans laquelle tous les indices de localisation sont transformés en zones de localisation compatibles (ZLC), qui spatialisent un indice de localisation donné. Cette opération, qui peut être effectuée indépendamment pour chaque indice de localisation, aboutit à la création d'une ZLC par indice de localisation. Troisièmement, afin de combiner les différentes ZLC et de définir la ZLP, une dernière phase, la fusion, est nécessaire.

Certaines de ces étapes nécessitent des informations exogènes. C'est notamment le cas de la décomposition des relations de localisation, qui nécessite de savoir comment une relation de localisation donnée doit être décomposée. Nous avons formalisé ces connaissances dans une seconde ontologie, ORLA (Ontologie des relations de localisation atomiques), liée à l'ontologie ORL. L'ontologie ORLA a trois fonctions. Premièrement, elle fait office de vocabulaire contrôlé, puisqu'elle répertorie toutes les relations de localisation que nous sommes en mesure de traiter. Ensuite, elle définit la manière dont toutes les relations de localisation sont décomposées. Enfin, elle formalise la manière dont les différentes relations atomiques de localisation doivent être spatialisées.

Afin de prendre en compte l'imprécision des relations de localisation, nous avons décidé d'utiliser la théorie des sous-ensembles flous et ainsi de construire des zones de localisation (compatibles et probables) floues. Ainsi, les différentes zones de localisation sont formalisées sous la forme de sous-ensembles flous, chaque position dans l'espace se voit attribuer un degré d'appartenance (variant entre 0 et 1), quantifiant l' « intensité » de l'appartenance de la position à la zone de localisation modélisée. Nous avons mis en œuvre cette approche en utilisant une approche raster. La zone de recherche de la victime est représentée par un raster et l'opération de spatialisation consiste alors à attribuer à chaque pixel de ce raster un degré d'appartenance, quantifiant l'appartenance de la position à la zone de localisation modélisée.

Chaque indice de localisation est spatialisé en une zone de localisation compatible suivant une approche en trois étapes. Dans un premier temps, l'objet de référence utilisé comme point de repère est rastérisé. L'objectif de cette étape n'est pas seulement technique, elle a aussi un rôle sémantique. En effet, il est possible d'utiliser différentes méthodes de rastérisation qui traitent différemment l'objet de référence. Ainsi, il est possible de rastériser uniquement la frontière ou le centroïde de l'objet de référence, ce qui a un impact conséquent sur la spatialisation. La deuxième étape est le calcul de la métrique. Au cours de cette étape, une métrique, qui a été identifiée comme représentative de la sémantique de la relation de localisation traitée (par exemple, la différence d'élévation ou la distance à l'objet de référence), est calculée. Cette métrique est ensuite *fuzzyfiée,* afin de construire la zone de localisation compatible. La fuzzyfication est effectuée à l'aide d'une fonction qui transforme la valeur de la métrique en un degré d'appartenance variant entre 0 et 1. Les fonctions de fuzzyfication utilisées sont définies au préalable, de façon à ce qu'elles soient réutilisables. Ainsi, seuls les différents seuils de ces fonctions doivent être définis.

A la fin de la spatialisation, on dispose d'une ZLC (sous forme de raster flou) par indice de localisation décomposé. Afin de fusionner ces zones en une zone de localisation probable, nous utiliserons alors les opérateurs d'union et d'intersection de la logique floue. Avec de tels opérateurs, des unions et des intersections de ZLC sont réalisées, afin de définir la ZLP.

L'ensemble de la méthode développée a été appliqué à deux alertes réelles précédemment traitées par les secouristes, afin de vérifier la qualité de la modélisation. Les résultats proposés étaient encourageants, l'utilisation de la modélisation floue et la généralité de la méthode apportant une réelle valeur ajoutée. Cependant, nous avons identifié de nombreux axes d'amélioration, tels que la possibilité de spatialiser une nouvelle relation de localisation, ou le développement d'une méthode permettant d'évaluer la qualité de la ZLP construite.

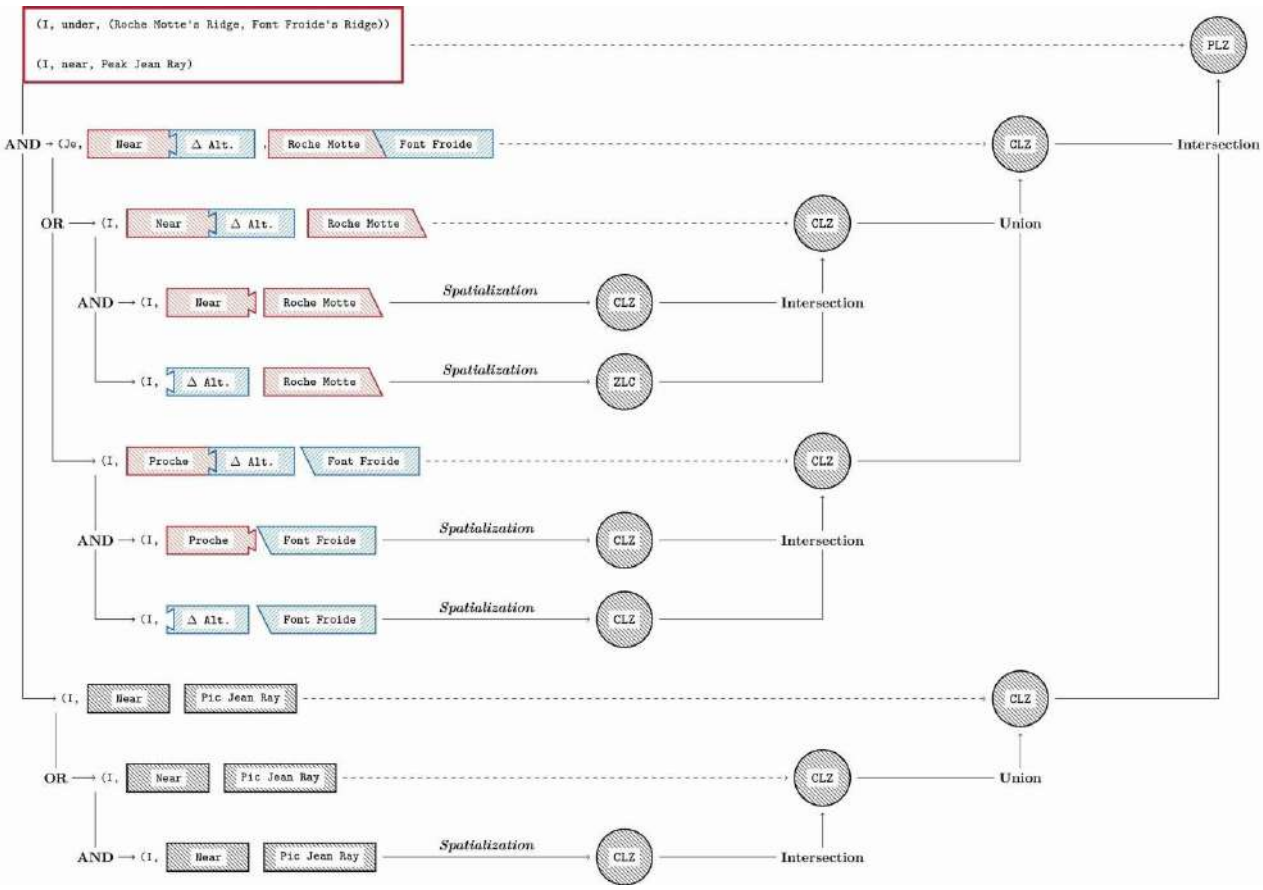

Figure 1 : Illustration du processus de construction d'une zone de localisation probable. CLZ est la traduction anglaise de ZLC et PLZ est la traduction de ZLP.

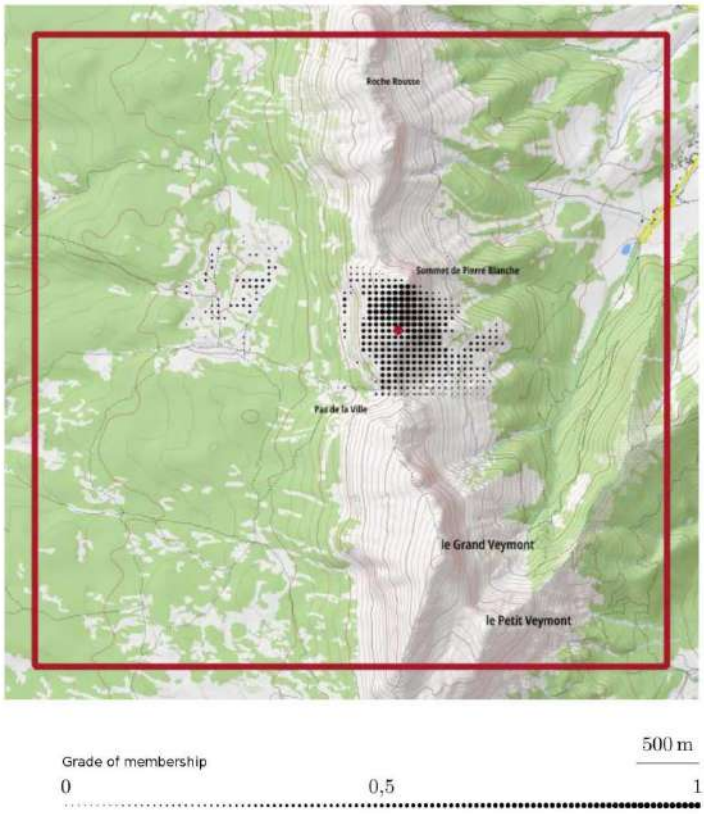

Figure 2 : Illustration d'une zone de localisation probable (ZLP) construite à partir d'une alerte réelle. La taille des cercles est proportionnelle au degré d'appartenance à la ZLP.