

FLORIA : Détecter les inondations en milieu urbain grâce à l'imagerie satellite et l'IA

Lorsqu'une inondation survient, chaque minute gagnée peut être déterminante. Afin d'aider les secours à intervenir rapidement, la plateforme ICube-SERTIT a lancé – grâce au soutien du Carnot TSN – le projet FLORIA, qui détecte la présence excessive d'eau en milieu urbain, à travers l'analyse d'images satellites via des techniques de *deep learning*.

Détecter les inondations le plus tôt possible représente un enjeu majeur, pour les pouvoirs publics comme les populations touchées. Disposer rapidement d'alertes permet en effet d'optimiser l'intervention des secours, d'identifier les routes praticables ou non, d'évaluer le budget nécessaire au relogement, à la reconstruction, etc. Afin de favoriser une réactivité maximale face à de telles catastrophes naturelles, la plateforme SERTIT du laboratoire ICube propose un service de cartographie rapide, à partir de l'exploitation d'images spatiales. Et ce, partout dans le monde, sans dépendre d'équipements de mesure installés au sein de la zone affectée. Lancé en 2022, avec le soutien du Carnot TSN, le projet FLORIA s'inscrit entièrement dans cet objectif. Son but : concevoir un système automatisé de détection d'inondations en milieu urbain, en s'appuyant sur des données satellites spécifiques. « *Nous utilisons les images fournies par la mission Sentinel-1, dans le cadre du programme Copernicus de l'Agence spatiale européenne* », précise Ari Jeannin, ingénieur télédétection radar au sein de la plateforme ICube-SERTIT. « *Premièrement, parce que les images sont mises à disposition gratuitement. Mais aussi en raison de la capacité des satellites de la mission à fonctionner de jour comme de nuit, y compris en présence de nuages.* » Or, une inondation s'accompagne souvent d'une épaisse couverture nuageuse...

Étudier l'amplitude du signal après réflexion

Si le projet FLORIA se concentre sur les inondations en milieu urbain, c'est parce que l'analyse des données satellites dans un tel contexte s'avère plus complexe qu'en dehors des villes. « *Le radar embarqué envoie, en direction du sol, une onde, dont la trajectoire dépendra des obstacles rencontrés* », explique l'ingénieur. « *En structure urbaine, le signal va rebondir sur la route, puis sur des bâtiments, avant de revenir au satellite. À l'inverse, en plaine, seuls quelques éléments contribueront à renvoyer le signal, tels que la rugosité du sol ou la végétation. Mais en cas d'inondation, l'eau se comportera comme un miroir posé au sol, réfléchissant la totalité de l'onde émise, qui ne reviendra plus du tout vers le satellite.* » Par conséquent, en plaine, l'étude d'une seule image suffit à déduire la présence d'une quantité excessive d'eau à la surface.

Au contraire, en cas d'inondation en milieu urbain, l'onde radar rebondira sur l'eau, puis sur les bâtiments et finira encore par revenir vers son point de départ. Cette fois, la différence de comportement du signal s'avère donc plus ténue en présence ou en l'absence d'inondation. Seule solution : comparer plusieurs images, en étudiant pour chacune l'amplitude renvoyée vers le satellite. En effet, l'eau possède un coefficient de réflexion supérieur à celui du bitume : ainsi, lors d'une inondation, le signal rebondira davantage sur le sol, avant d'atteindre les bâtiments. En conséquence, le satellite recevra une onde d'amplitude plus importante qu'en temps normal.

Surveiller la perte de cohérence

Il suffit alors de comparer les amplitudes de plusieurs images radar et le tour est joué ? « *Malheureusement, ce n'est pas si simple* », objecte Ari Jeannin. « *Les augmentations d'amplitude peuvent avoir plusieurs causes, telles que des effets*

atmosphériques. C'est pourquoi nous couplons cette analyse avec de l'interférométrie radar. » Cette technique consiste à mesurer la « cohérence » d'une image par rapport à une autre, via l'étude d'une seconde caractéristique de l'onde radar : sa phase, qui dépend également des éléments présents sur la trajectoire du signal. La cohérence traduit alors le taux de similitude entre les phases lors de deux passages du satellite.

« En structure urbaine, à l'inverse des milieux agricoles ou largement végétalisés, la cohérence est généralement élevée, les bâtiments et les routes étant plutôt fixes », relève l'ingénieur. *« En conséquence, nous nous intéressons particulièrement aux zones qui connaissent une baisse de cohérence entre deux images. »* Cet indicateur, couplé à une augmentation de l'amplitude du signal au même endroit, constitue alors le signe de la présence probable d'une inondation urbaine.

Une analyse en trois images

En définitive, FLORIA nécessite trois images satellites : deux avant la survenue de l'événement, afin d'étudier l'amplitude et la cohérence en temps normal, et une troisième pour identifier d'éventuelles différences notables. La solution reste ainsi dépendante de la quantité d'images fournies, donc du passage des satellites au-dessus de la zone concernée. *« Il y a toutefois de plus en plus de projets de constellations de satellites, ce qui devrait multiplier les sources d'informations dans les années à venir »,* avance Ari Jeannin.

Pour optimiser le traitement des données radar, l'équipe de projet a tout d'abord mis au point un système automatisé. Cet outil, qui prend la forme d'une librairie en langage Python, permet ainsi d'extraire automatiquement des informations telles que l'amplitude ou la cohérence, à partir des images brutes fournies par Sentinel-1. Cette librairie a également fait l'objet d'une encapsulation, de sorte à pouvoir être aisément transférée d'un ordinateur à un autre.

Des prévisions grâce au *deep learning*

Ce traitement automatisé aboutit à la mise à disposition d'une grande quantité de données, relatives aux trois passages des satellites. Reste alors à les analyser, afin d'en déduire la probabilité de la survenue d'une inondation en milieu urbain. Une tâche pour laquelle l'œil humain affiche rapidement des limites. C'est pourquoi FLORIA s'appuie sur des techniques d'intelligence artificielle, en l'occurrence de *deep learning*. « *Nous avons profité des récentes avancées en matière d'IA* », souligne Ari Jeannin. « *Lors de nos premiers tests en machine learning classique, nous détectons beaucoup de faux positifs : des zones indiquées comme susceptibles d'être inondées, alors que nous savions que c'était impossible. Et ce, en raison du bruit présent sur les images radar. Ce taux d'erreur a été largement réduit avec nos algorithmes de deep learning, capables de prendre en compte la probabilité qu'un pixel voisin soit également touché.* » En effet, si l'inondation présumée semble restreinte à une zone étroite et isolée, il y a peu de chances qu'elle soit avérée. De même, FLORIA tient compte de la forme dessinée par les pixels supposément concernés par l'incident. Une inondation en étoile, par exemple, sera considérée par l'outil comme peu probable.

Déjà fonctionnel, FLORIA continue d'apprendre

Cependant, recourir à des algorithmes de *deep learning* s'accompagne toujours d'une phase indispensable d'entraînement. Par conséquent, l'équipe de projet a dû bâtir de toutes pièces une banque de données pertinente et suffisante. Un travail de longue haleine. « *Nous avons d'abord listé une centaine d'inondations, pour ne retenir que celles couvertes par Sentinel-1* », se remémore Ari Jeannin. « *Nous nous sommes ensuite appuyés sur notre expertise, au SERTIT, pour établir à la main des cartes représentant ces incidents*

passés, en validant nos observations à travers des recherches sur les sites d'information ou les réseaux sociaux. » Les ingénieurs ont alors pu vérifier la pertinence des prédictions de FLORIA, en les comparant à leurs descriptions cartographiées des inondations étudiées.

Cela a permis de valider que le démonstrateur mis au point était déjà capable d'établir des prévisions pertinentes en milieu urbain. « *Néanmoins, nous savons que notre modèle serait plus précis avec davantage de données d'entraînement* », concède Ari Jeannin. Il s'agit là d'un des axes d'amélioration envisagés par l'équipe de projet.

En effet, alors que l'outil continue de faire ses preuves, notamment dans le cadre du programme CEMS-RM de l'Union européenne, le SERTIT entend optimiser la qualité des résultats fournis. Cela passe par un entraînement régulier du modèle, un travail sur les paramètres de l'IA, mais aussi par le recours à des indicateurs chiffrés permettant de mesurer la pertinence de la solution et de suivre son évolution.

Autre indicateur à améliorer : le temps de traitement. « *Actuellement, une extraction de FLORIA prend entre quatre et sept heures* », constate Ari Jeannin. « *Nous voudrions réduire ce délai à un maximum de deux heures, conformément aux objectifs de réactivité du SERTIT.* » Pour cela, l'équipe compte exporter son outil sur la plateforme HPC (*High Performance Computing*) de l'université de Strasbourg. Avec l'espoir que ses prévisions d'inondations en milieu urbain aideront prochainement à venir au plus vite au secours des personnes sinistrées.