



L'UTILISATION D'UN LIDAR POUR DRONE DANS LA GESTION DES RISQUES GÉODYNAMIQUES

Benjamin Pradel, ingénieur en cartographie aérienne, L'Avion Jaune.

La dégradation naturelle des falaises génère des éboulements et des chutes de blocs pouvant mobiliser d'importants volumes de matériaux et impacter les enjeux en contrebas ou au surplomb des barres rocheuses. La gestion de ce risque nécessite une connaissance fine de ces secteurs accidentés, où seule l'imagerie aérienne permet l'acquisition de données géographiques exhaustives, difficiles à obtenir par les techniques de cartographie traditionnelles.

La gestion du risque de chute de blocs sur le réseau routier, par exemple, repose principalement sur l'analyse trajectographique, qui consiste à simuler numériquement des chutes de masses rocheuses depuis les crêtes jusqu'au fond de vallée. Elle a pour objectif d'évaluer le niveau de risque encouru puis d'optimiser le dimensionnement et l'implantation d'écrans pare-blocs. La trajectographie repose sur des calculs qui prennent en compte l'énergie des blocs ainsi que la morphologie du terrain naturel en 3D.

Dans la plupart des configurations, la végétation n'est pas suffisamment résistante pour retenir les blocs (supérieurs à un mètre cube) mais est trop dense pour comprendre

la morphologie du sol, permettant d'anticiper les trajectoires. L'utilisation d'un lidar, qui vise à cartographier le sol même sous la canopée, est alors indispensable.

L'Avion Jaune est une société spécialisée, depuis 2005, dans la conception, la réalisation et la mise en œuvre de systèmes d'acquisition légers (par drone ou avion léger) ainsi que de méthodes de traitement et d'analyse de données 2D et 3D destinées à la production d'imagerie scientifique et technique d'observation de la Terre. En 2015, L'Avion Jaune fonde sa société sœur « Yellowscan » qui conçoit, développe et produit une gamme de lidar compacts spécialement dédiés aux drones.

ACQUISITION DE DONNÉES LIDAR

Le lidar (acronyme de light detection and ranging) est une technologie de télédétection active reposant sur un scanner laser. Le scanner émet un faisceau de lumière en direction du sol, le rayon réfléchi est ensuite capté, et analysé. Le temps de retour permet de déduire la distance de l'objet au capteur, et avec l'enregistrement de la trajectoire du scanner, cette information permet de placer précisément le point dans l'espace. Le procédé est répété des millions de fois et le terrain peut ainsi

être modélisé en 3D par un « nuage de points ». L'avantage essentiel de cette technologie est qu'elle permet de cartographier le relief y compris sous la végétation : en effet, les rayons émis peuvent passer dans les espaces de la canopée puis atteindre les objets et le terrain naturel.

Dans le cadre de l'analyse de parois rocheuses, la cartographie par drone apporte une meilleure flexibilité, tant économique que technique, dans des secteurs abrupts ou encaissés vis-à-vis des missions lidar classiques menées par avion ou hélicoptère. Malgré le fort relief, un drone peut voler à proximité des parois et ainsi entrer dans des gorges où l'ouverture de l'angle de scan du lidar à 90° permet de modéliser finement l'aspect de ces dernières.

Depuis un an, L'Avion Jaune réalise plusieurs levés (gorges de l'Hérault, de la Vis, du Rieutord, falaises du Pays Basque) lorsque des infrastructures départementales sont menacées.

Des chutes de blocs dans ces gorges du sud de la France provoquent régulièrement des dommages au niveau du réseau routier (endommagement de la chaussée et des barrières de sécurité) mais ont également entraîné la mort d'un homme en 2018 lorsqu'un rocher,



Lidar pour drone YellowScan Vx-20 - © Yellowscan

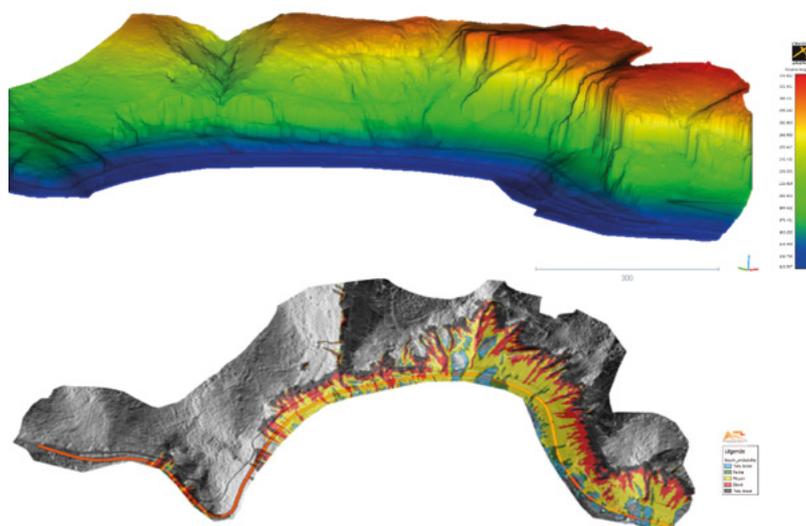
d'un mètre cube, est tombé sur le camping-car dans lequel il se trouvait.

De manière générale, l'emprise des sites à risque à modéliser est haute de 200 à 300 m, large de 300 à 500 m et longue de 2 à 5 km. C'est le lidar pour drone YellowScan Vx-20 qui est ainsi déployé pour arpenter ces paysages. La couverture d'un site nécessite un à deux jours de terrain et plusieurs vols drone : la prise en compte de l'aspect réglementaire (scénario de vol et éloignement du drone par rapport au télépilote) et de l'autonomie de l'aéronef (n'excédant pas les quinze minutes avec une telle charge utile : 3,1 kg) est primordiale d'un point de vue de la sécurité. Lors de l'acquisition le couple drone/lidar vol à une hauteur de 60 m en suivant la topographie, ainsi qu'à une vitesse de 5 m/s. Ces paramètres garantissent une grande densité de points (100 pts/m²) et une haute qualité de mesure. Au cours de la phase de terrain, d'autres étapes sont conduites, telles que l'implantation d'un récepteur GNSS (positionnement par satellite), un contrôle qualité réalisé sur le jeu de données par un opérateur lidar et enfin la prise de points de contrôle au sol grâce à un levé au GPS différentiel (utilisé pour la validation du géoréférencement des données lidar).

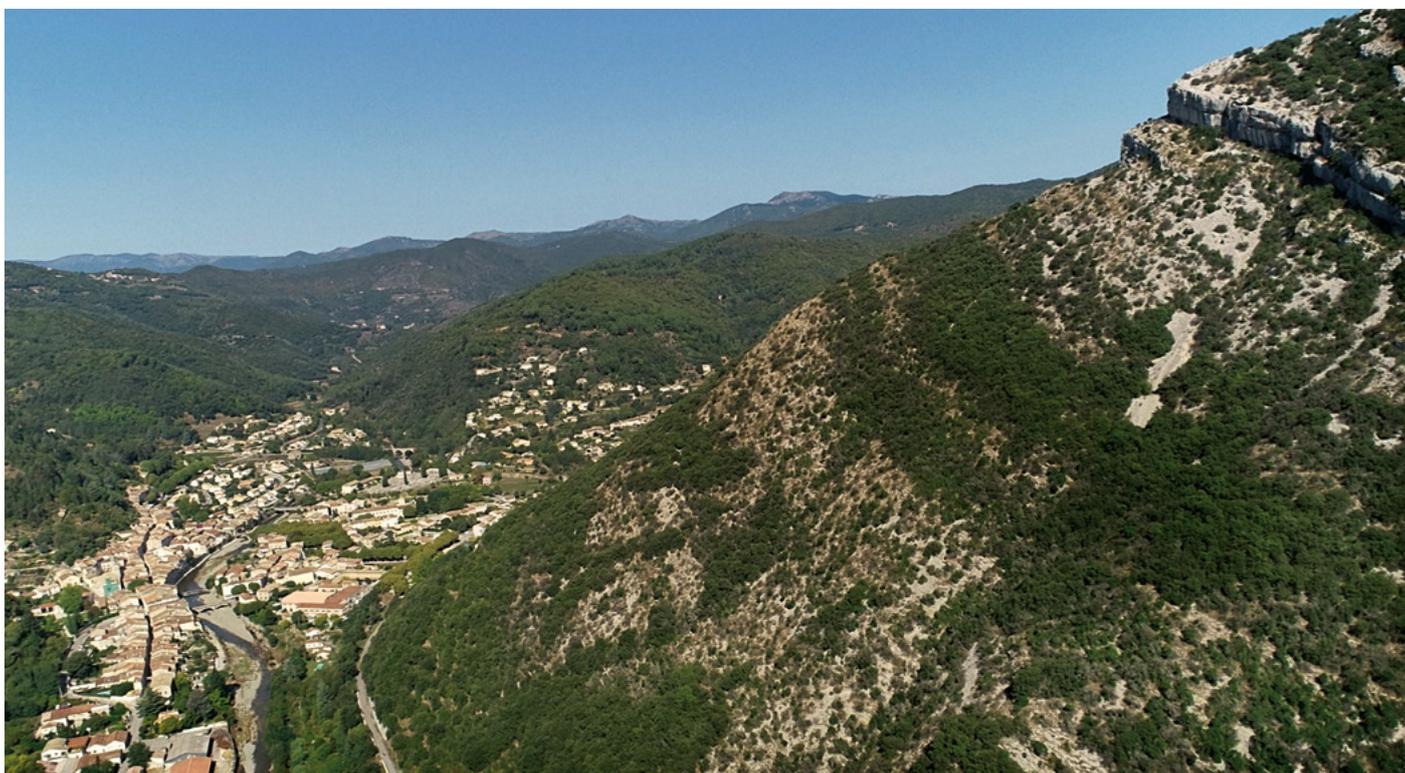
PRODUCTION D'UN MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN ET ÉVALUATION DES RISQUES

Une fois que les parois rocheuses sont représentées sous forme de « nuage de points » une chaîne de traitement se met en place pour extraire le Modèle numérique de terrain (MNT). La première étape du traitement consiste à importer la trajectoire enregistrée par la centrale

inertielle du lidar et les corrections enregistrées par la station de base GNSS. Des algorithmes permettent de générer une trajectoire corrigée, où la précision de positionnement du drone est centimétrique, tant en altimétrie qu'en planimétrie. La trajectoire corrigée permet de générer un nuage de points précisément géoréférencé. Une étape d'homogénéisation des lignes



Vue 3D du MNT colorisé en altimétrie (en haut) et carte de l'étude trajectographique (en bas) - © L'Avion Jaune & IMSRN



Secteur à risque (ici Gorges du Rieutord), où sont réalisées les études - © L'Avion Jaune

de vol rend le nuage de points cohérent et prêt à être « classifié ».

La classification du nuage de points vise à définir le type d'objet ayant reflété l'impulsion laser : végétation, sol, eau, bâti, etc. Elle se fait en appliquant des algorithmes de traitement sur les points par des macros définies dans des logiciels spécifiques et paramétrables par l'opérateur selon la nature du terrain (plat ou escarpé) ou des objets rencontrés (bâti ou végétation).

A partir du nuage de points classé, et la classe sol validée par le commanditaire, un MNT peut être réalisé, basé sur une moyenne de l'altitude des points sol, au pas défini dans le cahier des charges (25 à 50 cm généralement). Un Modèle numérique de surface (MNS) peut également être réalisé à partir de l'ensemble des points. Les erreurs de positionnement peuvent être bien modélisés et corrigés, notamment lors du traitement de la trajectoire. Les points de contrôle levés par GPS différentiel sur le terrain permettent de vérifier la précision du positionnement du nuage de points en X, Y, Z, et si nécessaire de le corriger. Suivant le capteur choisi pour l'acquisition, une précision planimétrique et altimétrique de quelques centimètres peut être atteinte suivant les contraintes du cahier des charges. L'utilisation du Vx20 permet d'aboutir à une précision de l'ordre de 5 cm en absolu.

L'extraction de la classe sol et la production du MNT vise à optimiser

les études d'expertise et de zonage des risques, tout en renforçant le rôle de la cartographie et des SIG dans l'aide à la décision :

- ▶ définition de l'étendue géographique du phénomène et de la trajectoire des blocs,
- ▶ estimation du volume des instabilités,
- ▶ compréhension du délai d'occurrence et des changements morphologiques dans le paysage, en cas de suivi régulier.

Après la production du MNT par L'Avion Jaune, cette donnée est exploitée par des bureaux d'études partenaires ou commanditaires (typiquement IMSRN - GINGER CEBTP dans le cadre des illustrations visibles au cours de cet article). L'exploitation d'une donnée cartographique 3D par des organismes géotechniques permet l'analyse trajectographique de chute de masses rocheuses visant à qualifier le risque sur les infrastructures départementales. L'utilisation suivante concerne le dimensionnement de parades (écrans pare-blocs) à mettre en œuvre pour diminuer ce niveau de risque. Ces collaborations offrent aux autorités compétentes des études complètes, reposant sur des données géographiques précises et à jour, afin de mettre en œuvre les mesures de prévention les plus adaptées pour la protection des usagers de leurs routes.

CONCLUSION

La connaissance du terrain naturel (MNT) est indispensable pour les gestionnaires du risque. Le lidar est parfois l'unique solution pour cartographier et modéliser la topographie de structures complexes ou inaccessibles (falaises, glissements de terrain végétalisés). Les précisions centimétriques qui découlent de ces levés sont parfaitement adaptées pour des applications aux métiers de la géomorphologie et de la gestion des risques naturels : trajectographie, évaluation de la stabilité des versants, étude de l'érosion, suivi diachronique tridimensionnel. Le lidar pour drone est parfaitement compétitif pour la cartographie de morphologies complexes, et plus particulièrement sur des surfaces de quelques dizaines à quelques centaines d'hectares. Cette méthode de cartographie 3D se positionne alors comme une véritable plus-value opérationnelle lors du zonage des aléas ou l'analyse de risques résiduels.