

Un robot Boston Dynamics pour numériser les galeries d'enfouissement des déchets nucléaires

Dans son laboratoire souterrain de Bure (Meuse), l'Andra collabore avec les Mines-Nancy pour digitaliser ses opérations et l'enfouissement des déchets nucléaires. Inaugurée le 11 mai, leur chaire de recherche commune, intitulée "intelligence artificielle pour les applications robotiques en environnements complexes", compte notamment sur un robot-chien Spot, de Boston Dynamics, dont les ingénieurs français creusent les applications. Au cœur de la Meuse, à 490 mètres sous le niveau du sol, le robot-chien Spot – icône de la firme américaine Boston Dynamics – monte la garde. Devant le front de taille de "GRD6", un tunnel de 10 mètres de diamètres en cours d'excavation, il trotte devant un groupe de journalistes, évitant les éventuels obstacles avec agilité. A l'aise dans les deux kilomètres de galeries du laboratoire souterrain de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), situé sur la commune de Bure. Depuis le début des années 2000, l'Andra utilise ce site comme terrain de tests. Dans le réseau souterrain qu'elle a creusé, qui ne contient aucun déchet nucléaire, l'agence étudie les comportements du sol argileux et expérimente les technologies qui serviront à enfouir en couche géologique profonde les déchets les plus radioactifs issus de la filière nucléaire française, dans le cadre du programme Cigeo. Un grand projet, pour lequel le nouveau robot quadrupède vient témoigner d'un "passage des recherches en géosciences vers les techniques industrielles", résume Frédéric Plas, directeur R&D de l'Andra, à l'occasion de l'inauguration, le 11 mai, de la chaire de recherche "intelligence artificielle pour les applications robotiques en environnements complexes", qui associe l'Andra, l'université de Lorraine et l'école d'ingénieurs des Mines-Nancy. L'industrie 4.0 au cœur de la mine. Lorsqu'il s'agit de stocker des matériaux radioactifs 500 mètres sous terre pour des dizaines de milliers d'années, les questionnements scientifiques sont multiples. Problème : "la transition numérique des travaux souterrains est encore débutante car le milieu a longtemps eu l'habitude d'utiliser des technologies éprouvées, robustes et solides, quitte à se détourner de l'innovation", relate Frédéric Plas. D'où le travail de numérisation du laboratoire de l'Andra, qui remonte déjà 2,5 millions de données par jour de ses galeries. L'agence inaugure une nouvelle chaire pour "amener l'industrie 4.0 au fond de la mine", selon la formule du directeur de l'école des Mines-Nancy François Rousseau. Les machines sont centrales. Radioactivité oblige, "il n'y aura pas d'intervention humaine dans la zone de stockage nucléaire, tout sera robotisé au maximum", explique Frédéric Plas. Pour prouver la pertinence du projet, ses laboratoires ont déjà développé un démonstrateur robotisé de chargement des "colis" de déchets radioactifs de haute activité aux côtés du groupe Cegelec. Mais pour surveiller les tunnels, l'enjeu est moins celui de développer des robots que de savoir les utiliser à bon escient. D'où le choix de faire appel au robot-chien de Boston Dynamics, Spot. Rebaptisé Scar et tatoué de motifs félins pour l'occasion, il est utilisé comme plateforme mobile pour tester diverses applications logicielles au fond des galeries. "Spot est un vecteur de rupture", explique Laurent Ciarletta, enseignant-chercheur au laboratoire Loria (CNRS, Inria, Université de Lorraine) et aux Mines-Nancy, et

titulaire de la nouvelle chaire. "Ce robot fonctionne dès qu'on le sort de la boîte et il sait marcher, éviter des obstacles, ou se déplacer de manière autonome sur des circuits programmés". Surtout, le quadrupède est idéal pour les terrains complexes, capable de parcourir jusqu'à 6 mètres par seconde avec 15 kilos de charge utile sur le dos, là où "le sable et les éboulis donneraient du fil à retordre aux robots équipés de roues ou de chenilles", juge le roboticien.

Exploration autonome La démonstration est convaincante. "Je le contrôle en temps réel", explique Quentin Helaine, ingénieur de recherche aux Mines-Nancy équipé d'une manette portable ornée d'un large écran vidéo. "Il suffit que je lui indique une direction avec le joystick pour qu'il la suive tant que rien n'est sur son chemin", décrit-il, en tentant sans succès de lancer le robot contre les parois de la galerie. Spot est intelligent. Aidé de la technologie Slam (ou cartographie et localisation simultanée, en français), pré-installée dans ses microprocesseurs, il utilise les capteurs installés sur son dos - un lidar de courte portée et deux caméras optiques - pour percevoir son environnement à 360°. Grâce au Slam, "Scar reconstruit son environnement au fur et à mesure qu'il avance, et peut s'y déplacer, mais aussi se situer et se souvenir du chemin qu'il a suivi", décrypte Laurent Ciarletta. Pour l'instant, les performances du robot sont telles qu'il a besoin d'aides visuelles - des figures semblables à des QR codes installées à intervalle régulier dans les galeries - pour connaître précisément sa position. Mais "nous prévoyons d'améliorer le pilotage autonome pour permettre à Scar de cartographier son environnement et de se positionner sans ces béquilles", prévoit le chercheur. Surveiller les galeries et les mouvements des roches Au cours des cinq années de la chaire, les chercheurs et étudiants-ingénieurs de Mine-Nancy s'attacheront aussi à simplifier le contrôle du robot pour favoriser son usage et multiplier les collaborations avec d'autres capteurs, dont des drones, prévoit Laurent Ciarletta. Il cite en vrac la surveillance des galeries, l'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle pour la prise de décision autonome, ou encore l'assistance aux personnes isolées. A moyen terme, les performances de communication sans fil offertes par les réseaux cellulaires 4G et 5G pourraient aussi permettre "de multiplier les robots et d'étendre leur rayons d'action", imagine-t-il. Équipé d'un scanner laser 3D de marque Faro, installé par la société néerlandaise Fugro, Scar commence dans un premier temps par s'attaquer à la simplification de la numérisation des fronts de taille du laboratoire. "Ce scanner enregistre un million de points par seconde, localisés de manière très précise et avec une localisation dense de deux points par centimètre carré. Cela permet de créer un double numérique en 3D de l'environnement souterrain", détaille Bertrand Chazaly, ingénieur géomètre et expert digital chez Fugro. Un travail fastidieux, pour lequel Fugro mobilise aujourd'hui des trépieds et des moyens humains, et que Scar pourrait venir automatiser, imagine Bertrand Chazaly. Alors que le calendrier de Cigéo prévoit le début des constructions du site industriel en 2023 pour une mise en service réelle en 2035, les solutions technologiques ont encore le temps de se perfectionner.