

SNCF Réseau : de l'acquisition 3D à la diffusion de la donnée

■ Mathieu REGUL - Franck RICHARD - Jean-Christophe MICHELIN - Bruno LANDES

Les acquisitions 3D par scanner laser ne sont plus une nouveauté pour bon nombre de géomètres. Cette méthode est très répandue pour réaliser une collecte de données rapide et exhaustive. Les constantes évolutions matérielles permettent de meilleurs rendements tant sur le terrain qu'au bureau, rendant ces appareils de plus en plus intéressants. Par ailleurs la baisse des prix constatée depuis peu sur de tels équipements rend cette technologie plus accessible même à de petites entreprises.

Les atouts d'un nuage de points 3D ne sont plus à démontrer. En effet l'exhaustivité d'une acquisition 3D permet de garantir que les éléments nécessaires seront relevés. Les traitements sont pour l'heure encore chronophages et demandent parfois des connaissances très spécifiques (dans le cas de reports d'éléments architecturaux et d'éléments d'infrastructure ferroviaire par exemple). Le gros point noir de cette technologie reste la taille conséquente des nuages de points 3D qui limite fortement les capacités d'échange de données entre services et limite leurs exploitations aux services topographiques (souvent les seuls à être équipés des logiciels et des ordinateurs adéquats). Cet article présente l'utilisation des acquisitions 3D à SNCF Réseau ainsi que les outils mis en place pour mettre à disposition et diffuser les nuages de points 3D aux différentes entités de la société.

MOTS-CLÉS

Scanner Laser Dynamique, SNCF lasergrammétrie, ATLAS, diffusion, numérisation

du territoire et du patrimoine de chacun, ainsi qu'une bonne réactivité pour les opérations de maintenance. Cependant quelques défauts existent. En effet chaque territoire met en place ses propres méthodes de travail et il est difficile d'obtenir une cartographie générale de l'ensemble du réseau.

C'est pourquoi une volonté de massification des acquisitions topographiques a été initiée dès 2012.

Les acquisitions 3D

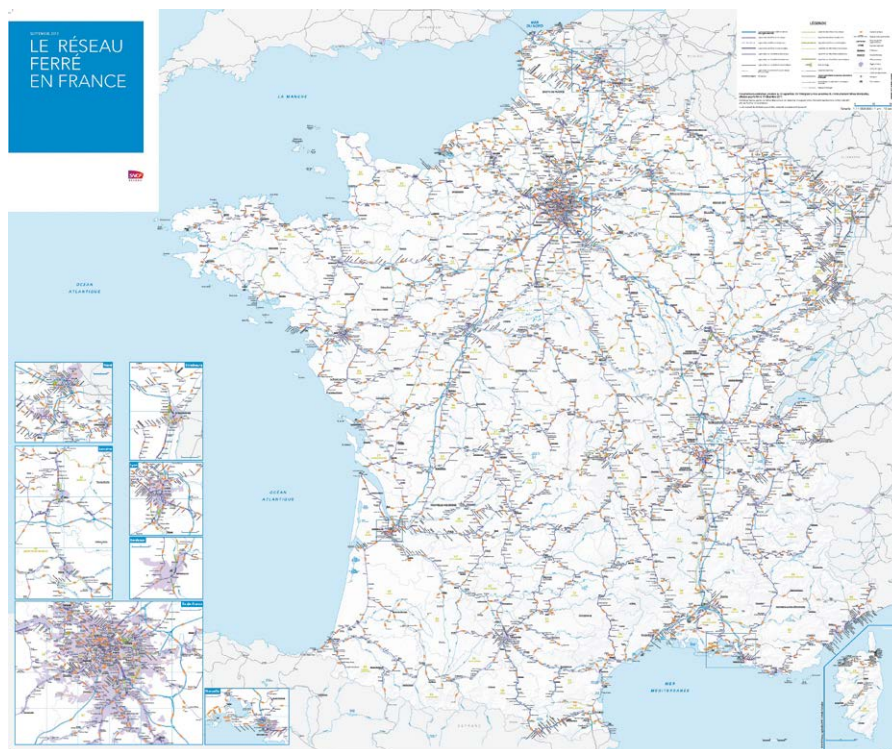
Lorsque nous parlons de massification d'acquisitions topographiques, nous pensons forcément aux acquisitions par scanner laser 3D. En effet cette méthodologie d'acquisition permet de collecter des informations riches sur l'environnement numérisé sans discrimination d'éléments particuliers. C'est donc vers cette approche que s'est orienté SNCF Réseau pour ses besoins.

SNCF Réseau en quelques mots

SNCF Réseau est un EPIC (Établissement public à caractère industriel et commercial) créé en 2015 lors de la réforme du ferroviaire. Cette entité est propriétaire du réseau ferré national (RFN) et en assure l'exploitation et la maintenance. Le réseau est constitué d'environ 51 000 km de voies dont 15 700 km de voies électrifiées et 5 600 km de voies à grande vitesse.

Un tel réseau, réparti sur tout le territoire national ne peut être maintenu par un seul et unique service. C'est pourquoi le réseau est découpé en régions, elles-mêmes sous-découpées en territoires. La maintenance est ainsi assurée localement et pilotée par la direction Maintenance et Travaux.

Cette configuration, mise en place depuis des années, a différents avantages comme une bonne connaissance



Cartographie du réseau ferré national



■ Les premiers tests

C'est en 2006 qu'ont eu lieu les premières expérimentations qui ont été menées avec l'utilisation de scanner laser statiques. A cette époque nous ne parlions pas de massification des acquisitions. Le but recherché par ces expérimentations était de vérifier les précisions obtenues avec cette technologie mais surtout de trouver un moyen d'acquisition permettant de limiter le temps passé dans les emprises ferroviaires.

En effet travailler dans les emprises ferroviaires est dangereux et nécessite la mise en place d'un dispositif de sécurité (appelé dispositif d'annonce) qui est très coûteux et qui nécessite une programmation très en amont.

Les relevés alors effectués ont donc été faits sur des zones assez restreintes comme des gares ou des ouvrages. Ces premières expériences ont permis de mettre en évidence différentes choses :

- le temps gagné sur le terrain n'est pas nécessairement important ;
- la précision obtenue (de l'ordre de 10-15 mm en relatif après assemblage et quelques centimètres en absolu) est suffisante pour bon nombre d'applications mais pas pour les tracés de voie (qui nécessitent des précisions relatives de l'ordre du millimètre) ;
- le temps de traitement des données (assemblage et report) est bien plus long qu'avec un relevé traditionnel (même s'il est souvent difficile de donner un ordre de grandeur nous

estimons qu'il y a un rapport de 1 à 10 pour la partie report cartographique par rapport à un relevé traditionnel) ;

- les logiciels disponibles sur le marché travaillent dans un système local et non dans un système projeté (sans prise en compte de la sphéricité de la terre ou encore de l'altération linéaire liée à la projection utilisée) ce qui est très pénalisant pour des relevés linéaires reportés dans le système national comme dans le domaine ferroviaire.

Jusqu'en 2012 les relevés par scanner laser 3D statique se sont donc limités à des zones au linéaire relativement faible. L'atout de la 3D a clairement été identifié pour les relevés de gare. C'est pourquoi tous les relevés de gare sont réalisés par cette méthode depuis plus de 5 ans, particulièrement pour les travaux d'aménagement et de mise en accessibilité des gares aux personnes à mobilité réduite.

Entre 2009 et 2010, la division Assistance Travaux et Topographie de SNCF Réseau s'est équipée de deux scanners laser de ce type (un Leica C10 et un Leica HDS 7000) pour réaliser par elle-même bon nombre de relevés.

■ Le scanner laser dynamique

C'est au cours de l'année 2012 que des tests ont été réalisés en vue de réelement massifier les acquisitions par méthode laser 3D. C'est alors que les systèmes scanner laser dynamique ont été évalués dans le contexte du domaine ferroviaire. Cette métho-

dologie, de par l'aspect mobile de l'équipement, offre de plus grandes possibilités d'acquisitions et plus particulièrement dans le cas de relevés de linéaire important (au-dessus de 10 km).

Par contre une telle technologie nécessitant des connaissances approfondies du matériel, de ses capacités et surtout de ses limites, SNCF Réseau a pris la décision d'apprendre à maîtriser ces processus de bout en bout afin d'en assurer une bonne utilisation.

C'est pour cette raison que des tests ont été effectués en 2012 entre les gares de Longuyon et Longwy dans l'Est de la France. L'expérimentation a été aussi bien réalisée d'un point de vue technique que d'un point de vue économique.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence un seuil de rentabilité estimé à 10 km environ dans le cas de relevés pour des sujets d'études de régénération des voies. Les expérimentations ont surtout permis de mettre en évidence que la technologie, bien que fonctionnant dans le contexte ferroviaire, n'est pas adaptée en l'état et nécessite des ajustements. C'est ainsi qu'il a été remarqué que certains types de centrales inertielles utilisées dans le domaine routier ne fonctionnaient pas correctement avec les contraintes de circulations ferroviaires, ou encore que les phases d'initialisations des systèmes sont moins évidentes à mettre en œuvre sur un train (un train ne pouvant pas faire demi-tour ou effectuer des tours de ronds-points).

Par ailleurs et cela est l'aspect le plus important pour notre besoin, l'installation de points de calage au sol doit être prévue avant chaque acquisition, nécessitant ainsi d'accéder aux emprises avec le dispositif de sécurité adéquat.

Une étude de précision des systèmes sera menée plus tard par Audrey Jacquin dans le cadre de son projet de fin d'études afin de déterminer la densité nécessaire et suffisante de ces points de calage.

■ Les tests à grande échelle

Afin de pouvoir maîtriser la chaîne complète des acquisitions par scanner laser dynamique, SNCF Réseau s'est doté en 2013 de son propre équipe-



Relevé de nuit par scanner laser statique (Leica P40) - Gare de Paris Nord - 2016



Scanner laser dynamique Riegl VMX-450 - Campagne de mesure TEPE - 2014

ment et le choix s'est alors porté sur un système Riegl VMX-450 dans sa déclinaison Rail.

À la même période, les premiers relevés par scanner laser dynamique ont été sous-traités pour répondre à des besoins de production et non plus d'expérimentation. Les relevés sous-traités concernaient les études de régénération des voies. Cette sous-traitance a permis d'identifier et de faire monter en compétence les entreprises équipées de tels systèmes mais aussi d'écartier les sociétés ne maîtrisant pas la technologie.

Par ailleurs cette sous-traitance a permis à SNCF Réseau d'affiner le cahier des charges de la prestation et de faire évoluer les outils de traitement des résultats obtenus en vue d'être intégrables aux processus déjà existants.

En vue d'explorer de nouvelles utilisations de ces données SNCF Réseau s'est lancé en 2014 dans une campagne d'acquisition de 10 000 km de voies pour vérifier la conformité des itinéraires dédiés à des transports exceptionnels. C'est également à cette période qu'une section spécifique aux données 3D a été créée au sein de la division Assistance Travaux et Topographie.

Cette campagne d'acquisition a été réalisée en 9 semaines sur tout le territoire national. Elle reste encore à ce jour la plus grosse campagne jamais menée en scanner laser dynamique (toute entreprise confondue). Elle a permis

de mettre en évidence la compatibilité de la technologie pour la détection d'obstacles (en vue de dégrossir le travail des spécialistes en gabarits). Une étude de précision relative du système a été menée à cette occasion par Quentin Choquart [CHO14].

Les premières questions sur le stockage de la donnée se sont alors posées. Comment stocker et accéder à de tels volumes de données (environ 1 To par journée d'acquisition d'environ 200 km). Nous y avons répondu par la création d'une salle de stockage dédiée et connectée sur un réseau fibre optique avec les ordinateurs de calculs. Audrey Jacquin [JAQ15] a porté son étude sur la précision absolue du système et donc sur la densité de points de contrôle à mettre en œuvre pour l'atteindre. Cette étude est pour l'heure la seule à avoir été menée à ce jour en France et a été récompensée par le prix de l'AFT en 2015.

■ La massification

Depuis fin 2015 le sujet de la massification des acquisitions est porté par la division Assistance Travaux et Topographie. C'est en ce sens que les acquisitions par scanner laser dynamique sous-traitées au cas par cas ont fait l'objet d'un contrat cadre avec appel d'offres européen. Le but étant de permettre à toute personne de SNCF Réseau de faire appel à ce contrat.

À ce jour les acquisitions sous-traitées portent sur environ 1 000 km de voies par an.

D'un autre côté, les domaines d'utilisation des données 3D se sont élargis (études, plans topographiques, géolocalisation des réseaux, etc.). SNCF Réseau a compris l'utilité d'une telle donnée et souhaite développer son utilisation.

C'est pour aller dans ce sens qu'Assistance Travaux et Topographie a décidé d'élargir sa gamme de systèmes de mesure 3D afin d'offrir les appareils les plus adaptés à chaque type de besoin. C'est ainsi que la division s'est dotée fin 2016 de trois nouveaux systèmes :

- un scanner laser statique Surphaser (mesure sub-millimétrique) pour le suivi d'ouvrages ;
- un chariot Leica ProScan ;
- un chariot Leica SiTrack One.



Chariot Leica ProScan monté sur lorry - Gare Haussmann Saint-Lazare - 2017

Ces systèmes ont pour but d'offrir une solution complète d'acquisition 3D. Ainsi nous avons évoqué que les scanners statiques permettaient de couvrir de petites zones (gare), que les scanners laser dynamiques étaient rentables à partir de 10 km. Les chariots Leica ProScan et Leica SiTrack One permettent de faire la jonction entre les deux méthodes précédentes en autorisant des relevés sur quelques



Chariot Leica SiTrack:One - Saint-Ouen - 2016



kilomètres ou encore en permettant d'assurer une précision suffisante en tunnels.

■ Les objectifs à moyen terme

SNCF Réseau ambitionne de numériser tout le réseau ferré exploité. Les expériences passées montrent qu'une seule technologie ne permettra pas d'obtenir l'exhaustivité souhaitée. Il sera donc nécessaire de mettre en œuvre plusieurs moyens de mesures utilisant des méthodologies différentes, d'où l'acquisition de chariots de mesure ainsi que l'acquisition de deux nouveaux scanners lasers statiques Riegl VZ-400i. La mise en place du contrat cadre va permettre d'apporter plus de souplesse dans les acquisitions sous-traitées et ainsi faciliter cette démarche.

La section Méthodes et Mesures Topographiques 3D portera les ambitions de SNCF Réseau en matière de numérisation du réseau et travaille déjà à la validation de nouveaux processus de mesures (tels que les chariots précités).

Une telle démarche n'a de sens que si la donnée générée est accessible et mutualisable. SNCF Réseau étant l'un des premiers opérateurs de réseau à se lancer dans cette démarche, aucune solution n'est proposée sur le marché des logiciels. Assistance Travaux et Topographie a donc travaillé sur ce point en mettant en œuvre une plate-forme de stockage et de diffusion de la donnée 3D accessible à tout SNCF Réseau.

La diffusion de la donnée : ATLAS

■ De la réflexion...

ATLAS est né de plusieurs constats :

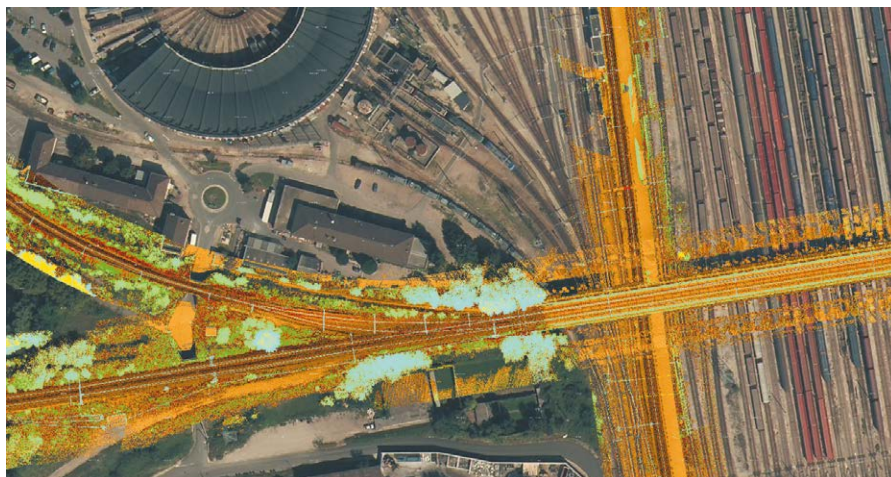
- l'aspect mutualisable des nuages de points n'est pas exploité ;
- seul le commanditaire de la donnée sait où la donnée est existante ;
- aucun métier interne n'utilise directement les nuages de points.

Les raisons sont multiples (difficulté de stockage, nécessité d'avoir des machines très performantes et des logiciels spécifiques, etc.). Certes les logiciels des fournisseurs proposent



ATLAS

les logiciels des fournisseurs proposent



Affichage sous forme de nMNS dans l'interface web

des outils de visualisation mais aucun ne propose un accès simple et direct à une donnée centralisée et avec des outils métiers même basiques tout en respectant les contraintes d'accès de notre réseau informatique (étendu sur tout le territoire).

C'est alors qu'Assistance Travaux et Topographie a décidé d'imaginer un moyen de mettre en commun les différents levés réalisés par méthode 3D, tout en proposant des outils simples et accessibles à tout agent SNCF Réseau.

■ Centralisation/localisation/partage :

Il a tout d'abord fallu orienter la réflexion sur le cœur d'une telle démarche. C'est-à-dire la gestion de la base de données, les processus de collecte (les commanditaires étant multiples au sein de SNCF Réseau) et les processus de mise à disposition de la donnée. Nous avons très vite constaté que pour une gestion optimale nous devons dépasser

l'idée d'une simple interface et qu'il était nécessaire de proposer un service beaucoup plus complet qui se nomme donc ATLAS.

La première étape a été de créer une interface de type cartographie web, afin de permettre à chacun d'accéder à l'information de localisation sans nécessiter l'installation d'un logiciel particulier (type SIG). Les recherches menées par la division ont alors principalement porté sur la manière de représenter sur une carte une donnée 3D dense.

Comme aucun outil correspondant à nos besoins spécifiques n'a été trouvé sur le marché les développements ont été réalisés en interne et programmés en vue d'automatiser au maximum le processus. L'option choisie est la suivante :

- Renseignement par le producteur d'une fiche de métadonnées du nuage de points 3D ;



Interface Web ATLAS



- représentation grossière de l'enveloppe géographique des acquisitions et intégration des métadonnées ;
- représentation plus fine sous forme de modèle numérique de surface normalisé (nMNS) des acquisitions 3D.

La génération des nMNS est un processus automatique développé en interne par SNCF Réseau. Le principe est d'attribuer à chaque pixel de l'image une couleur qui est fonction de la différence de hauteur locale (distance entre le point le plus haut et le point le plus bas). Ainsi la colorisation s'affranchit de toute altitude et permet de représenter de façon similaire des objets identiques (les rails apparaissent de la même couleur sur tout le linéaire acquis).

Le résultat final est donc une représentation de l'emprise géographique d'une acquisition bien plus légère que le nuage de points 3D et disponible à différents niveaux de zoom (d'abord une emprise grossière puis une pyramide de nMNS). Un autre intérêt d'une telle rasterisation du nuage de points est la possibilité d'avoir un rendu homogène sur l'interface web, quelle que soit la densité du nuage de points utilisé (sous réserve d'avoir cependant une densité plus importante que le pas du nMNS).

La direction des systèmes d'information de SNCF Réseau a mis en place un service web qui permet de diffuser ces informations à l'ensemble de l'entreprise depuis n'importe quel navigateur internet. La donnée alors diffusée est également couplée au référentiel de localisation utilisé par SNCF Réseau à savoir le système par ligne, voie et point kilométrique.

Une fois la donnée existante localisée par l'utilisateur, le service ATLAS met à disposition la donnée brute (envoi par le réseau ou support amovible) à tout service SNCF Réseau voulant faire effectuer des traitements lourds par un prestataire externe.

■ Visualisation/exploitation à distance :

Une autre démarche menée par Assistance Travaux et Topographie a très vite trouvé sa place elle aussi dans ATLAS : la volonté de développer l'utilisation des nuages de points dans



Visualisation en streaming du nuage de points 3D avec Geoverse MDM

l'entreprise. En donnant la possibilité à chacun de visualiser et d'exploiter les données à distance et avec des outils simples d'accès, chacun des agents SNCF Réseau est capable d'utiliser la donnée disponible et d'imaginer l'utilisation pour son métier.

ATLAS a ainsi été complété par deux logiciels :

- Geoverse MDM développé par la société Euclideon ;
- Massicot développé par SNCF Réseau.

Geoverse MDM est le seul logiciel commercial nécessitant une installation spécifique sur le poste client, nécessaire pour utiliser ATLAS. Il permet d'afficher et de naviguer dans un nuage de points 3D en streaming sans avoir besoin d'un ordinateur surpuissant. Ce logiciel offre par ailleurs différents outils simples de visualisation et d'analyse, coupe, etc. Il permet également de superposer autant de nuages de points qu'on le souhaite, mais aussi de superposer une maquette 3D à un nuage de points (fonctionnalité utile pour les études).

Massicot est un produit 100% SNCF Réseau qui est constitué d'une boîte à outils permettant d'afficher les nuages de points 3D dans n'importe quel logiciel qui peut exécuter des macros, tout en conservant un stockage unique sur le réseau. Autocad étant l'outil de DAO le plus utilisé par SNCF Réseau et présent sur la grande majorité des ordinateurs, Massicot est donc disponible sous Autocad. Massicot va donc permettre à tout un chacun d'afficher les nMNS sous Autocad et d'effectuer des coupes ou des extractions du nuage de

points 3D à distance et de les afficher dans ce même logiciel.

Pour cela Massicot fait appel à un serveur de calcul dédié. Lorsqu'un utilisateur effectue une coupe, Massicot envoie une requête à ce serveur de calcul. Ce dernier effectue la coupe dans le nuage de points 3D, compresse le fichier généré et l'envoie à l'ordinateur client qui l'ouvre. Les transferts à travers le réseau sont alors réduits au maximum.

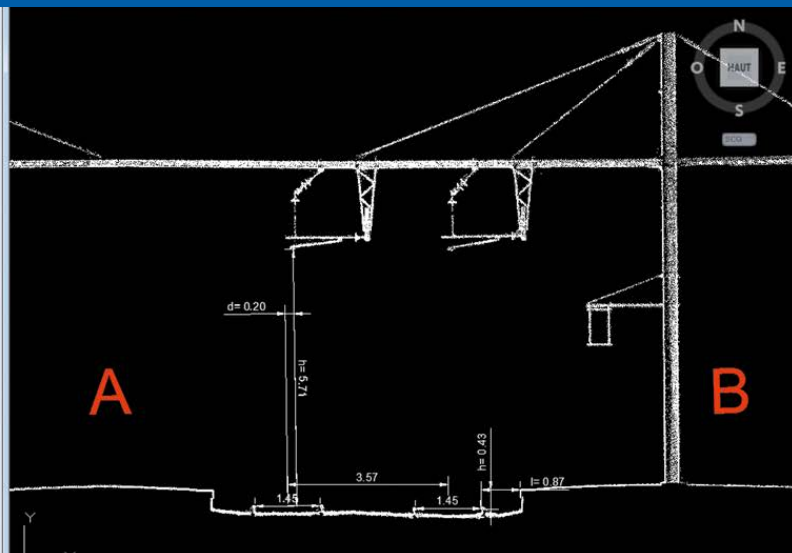
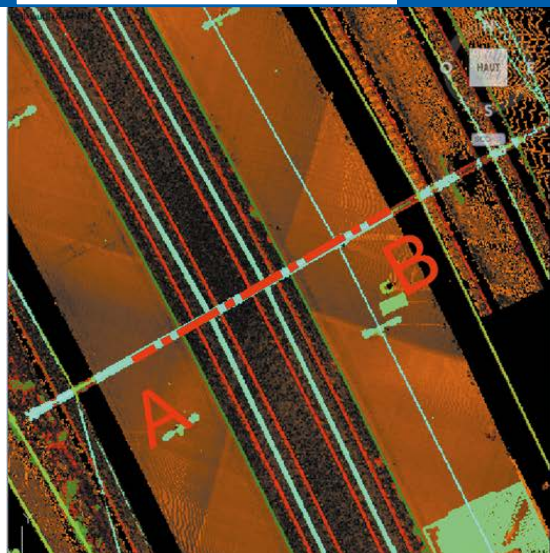
La boîte à outils de la version Autocad de Massicot inclut également des fonctionnalités de cotations spécifiques au milieu ferroviaire (comme la hauteur et le désaxement du fil caténaire). Ces outils sont en perpétuelles évolutions. Par la simplicité d'accès aux données existantes au travers de ces outils, ATLAS est donc aussi devenu un formidable outil pédagogique. Il permet de faire prendre conscience du potentiel des nuages de points souvent méconnu par nos collègues.

■ ...au déploiement.

Le processus d'industrialisation d'ATLAS a débuté le 1^{er} février 2016. Après une phase de tests et retour utilisateurs réalisés pendant près d'un an auprès d'un panel de bêta testeurs dans toute la France, ATLAS s'est ouvert officiellement le 1^{er} juin 2017 à tout SNCF Réseau.

Le lancement est accompagné d'un programme de déploiement (outils de communication, réseau de correspondants, etc.) qui permet aussi de sensibiliser sur la nature des nuages de points, mais aussi d'un programme de formation des utilisateurs dont le but





Coupes et cotations dans Massicot

est de permettre à chacun d'apprendre à utiliser les outils (rappelons que la plupart des utilisateurs n'ont pas de notions de topographie).

Le déploiement d'ATLAS a nécessité d'adapter la salle serveur. En effet nous stockons l'intégralité des nuages de points 3D réalisés pour le compte de SNCF Réseau. Nous avons donc mis en place une salle serveur de 3 Po de capacité de stockage et dédié des serveurs pour la génération des coupes pour Massicot, ainsi que pour la génération des contours et des nMNS.

Conclusion

Après plus de dix années d'utilisation de données 3D au sein de notre grande entreprise, nous avons pu constater qu'une telle technologie ne peut être déployée qu'à deux conditions :

- impliquer les différents métiers dans la démarche afin de les rendre moteurs en les accompagnant ;
- favoriser la mutualisation et la réutilisation de la donnée.

Si ces deux aspects ne sont pas respectés la démarche complète ne peut pas fonctionner.

Le projet de numérisation du réseau va nécessiter la mise en place de processus qualité pour assurer la bonne transmission des données de mesure ainsi que le suivi de ces données du calcul à la diffusion.

Plusieurs approches sont déjà à l'étude pour mettre en œuvre cette numérisation générale, en s'appuyant par exemple sur les trains de surveillance du réseau déjà existants.

Ce projet n'est en aucun cas en opposition avec le marché mis en place en 2017 pour les acquisitions par scanner laser dynamique. En effet le choix de SNCF Réseau va se porter sur une solution générique en vue de répondre à un maximum de besoins. Certaines études poussées auront toujours besoin de relevés spécifiques et surtout de relevés à jour.

ATLAS est en plein déploiement dans notre société et rencontre un très large succès auprès des différents métiers. La preuve est donc faite que les outils proposés répondent aux attentes des utilisateurs.

Les outils proposés évoluent continuellement pour prendre en compte les besoins de nos métiers ainsi que les retours et avis des utilisateurs. Une équipe dédiée a été mise en place afin d'assurer le suivi complet de cette plate-forme.

La division Assistance Travaux et Topographie axe maintenant sa R&D sur les problématiques "scan to BIM" ainsi que sur la détection du changement et la maintenance prédictive. ●

Contacts

Mathieu REGUL - Chef de la section Méthodes et Mesures Topographiques 3D
mathieu.regul@reseau.sncf.fr

Franck RICHARD - Responsable Production/ Déploiement de la plate-forme ATLAS
franck.richard@reseau.sncf.fr

Jean-Christophe MICHELIN - Responsable recherche et développement d'ATLAS
jean-christophe.michelin@reseau.sncf.fr

Bruno LANDES - chef de division Assistance Travaux et Topographie
bruno.landes@reseau.sncf.fr

Bibliographie

Jacquin A., *Qualification de la précision de données topographiques issues d'acquisition par méthode scanner laser dynamique ferroporté au sein de la SNCF*, projet de fin d'études à l'INSA de Strasbourg, 2015.

Choquart Q., *Intégration des systèmes d'acquisition de données topographiques par scanner laser dynamique dans les processus de mesure et de contrôle des gabarits de la SNCF*, projet de fin d'études à l'INSA de Strasbourg, 2014.

ABSTRACT

SNCF Réseau, the French railway network owner, has run massive topographic data acquisitions for several years in order to overhaul its infrastructure. Being able to survey more than 50 000 km of track is quite difficult using traditional land surveying method. In order to achieve large area surveys SNCF Réseau tried to use massive data acquisition technologies like 3D scanning and mobile mapping. Those methods comply with SNCF Réseau specifications but are limited to local use due to large amount of data to store and specific software to use. SNCF Réseau developed its own 3D data sharing platform named ATLAS in order to allow point cloud access from any computer in the company. This platform comes with simple tools (MASSICOT) to produce cross sections or specific railways quotations.