



HAL
open science

Définition et mise en place des prérequis nécessaires au développement d'une plateforme de production 3D en langage de programmation orienté objet

Jean-Édouard Pautonnier

► To cite this version:

Jean-Édouard Pautonnier. Définition et mise en place des prérequis nécessaires au développement d'une plateforme de production 3D en langage de programmation orienté objet. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2016. dumas-01836968

HAL Id: dumas-01836968

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01836968>

Submitted on 12 Jul 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
ÉCOLE SUPÉRIEURE DES GÉOMÈTRES ET TOPOGRAPHES

MÉMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le **DIPLÔME D'INGÉNIEUR CNAM**

Spécialité : **Géomètre et Topographe**

par

Jean-Édouard PAUTONNIER

Définition et mise en place des prérequis nécessaires au
développement d'une plateforme de production 3D en langage de
programmation orienté objet

Soutenu le 04 juillet 2016

JURY

PRESIDENT : M. Stéphane DURAND

MEMBRES : M. Olivier BOUSQUET Géomètre-Expert encadrant
M. José CALI Professeur référent
M. Philipp CLAUSEN
M. Christophe DUPRÉ Maître de stage
M. Pierre GUSMANO
Mme Valérie RENAUDIN
M. Max RUFFO
M. Jérôme VERDUN

Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier M. Olivier BOUSQUET, géomètre-expert chez Experts Geo, pour avoir pris le temps de rédiger un sujet, m'avoir intégré à l'équipe et accordé sa confiance.

Je remercie également mon maître de stage, M. Christophe DUPRÉ, responsable recherche et développement, pour m'avoir accompagné pendant ces cinq mois de travail de fin d'études. Son expérience et sa connaissance dans le domaine m'ont permis d'en apprendre beaucoup.

Je remercie toute l'équipe, Laetitia, Thomas, Sébastien, Alain, Frédéric et Luc, pour leur amitié, leur intérêt et leurs conseils.

Je voudrais également remercier tout le corps enseignant de l'ESGT pour la qualité et la diversité de l'enseignement dispensé pendant ces trois années et tout particulièrement M. José CALI, enseignant-chercheur membre de L2G (L'équipe de Géodésie et Géomatique) pour son suivi et les conseils qu'il m'a apportés dans l'élaboration de ce mémoire.

J'ai une pensée particulière pour toutes les personnes des différents forums de développeurs qui m'ont guidé et ont pris le temps de répondre à mes questions.

Enfin, je tenais à remercier mes parents et ma famille pour m'avoir soutenu et de m'avoir donné les moyens nécessaires à l'aboutissement de mes études.

Liste des abréviations

A.L.	Alignement Droit
B.D.D.	Base De Données
B.D.U.	Base de Données Unique
C.C.	Conique Conforme
C.D.C.	Cahier Des Charges
D.A.O.	Dessin Assisté par Ordinateur
E.R.D.F.	Électricité Réseau Distribution France
G.N.S.S.	Global Navigation Satellite System
G.R.D.F.	Gaz Réseau Distribution France
H.F.C.	Hauteur du Fil Contact
L.G.O.	Leica Geo Office
Li.D.A.R.	Light Detection And Ranging
M.M.S.	Mobile Mapping Scanning
P.C.	Pleine Courbe
P.C.R.S.	Plan de Corps de Rue Simplifié
P.I.	Point d'Inflexion
P.K.	Panneau Kilométrique
P.L.	Profil en Long
P.M.R.	Plan Moyen de Roulement
P.N.	Passage à Niveau
P.O.S.V.	Petit Ouvrage Sous Voie
P.R.A.	Pont RAil : Lorsqu'une route passe en-dessous de la voie
P.R.O.	Pont ROute : Lorsqu'une route passe au-dessus de la voie
P.T.	Profil en Travers
R.B.F.	Réseau de Base Français
R.G.B.	Red Green Blue
R.G.F.	Réseau Géodésique Français
R.G.P.	Réseau G.N.S.S. Permanent
R.P.	Raccordement Parabolique
S.I.G.	Système d'Information Géographique
S.N.C.F.	Société Nationale des Chemins de Fer français
T. Métro.	Toulouse Métropole

Table des matières

INTRODUCTION	7
I. CONTEXTE DE L'ETUDE	9
I.1 DIFFERENTS TYPES DE MARCHES	9
I.1.1 TOPOGRAPHIE	9
I.1.2 S.I.G.	9
I.1.3 P.C.R.S.	9
I.1.4 CARTO 200	10
I.1.5 TOULOUSE METROPOLE	10
I.1.6 S.N.C.F.	10
I.2 MATERIELS UTILISES	11
I.2.1 SCANNER LASER DYNAMIQUE	11
I.2.2 SCANNERS LASER STATIQUE	12
I.2.3 DRONE	12
I.3 LOGICIELS UTILISES	12
I.3.1 TRAITEMENT DES DONNEES	12
I.3.2 RESTITUTION DES DONNEES	13
II. CAS PARTICULIERS DES LIVRABLES S.N.C.F.	16
II.1 PLANS AUTOCAD	16
II.1.1 PLAN DE PIQUETAGE	16
II.1.2 RESTITUTION DES OUVRAGES SURPLOMBANT LA VOIE P.RO. / TUNNEL / P.RA. D'UNE AUTRE VOIE	18
II.1.3 PROFIL EN LONG	18
II.2 TABLEAUX	19
II.2.1 EXTRACTION AUTOMATIQUE	19
II.2.2 CARNET CATENAIRES	19
II.2.3 ENTRAXES	20
II.2.4 FLECHES ET DEVERS	20
II.2.5 GOP (TERME S.N.C.F.)	20
II.2.6 TIPULES	20
II.3 PARTICULARITES	21
II.3.1 DOCUMENTS TERRAINS	21
II.3.2 REGEVOIE	22
III. FONCTIONNEMENT	23
III.1 TABLE DE CODIFICATION	23
III.1.1 CODE NATURE	23
III.1.2 CODE LIAISON	23
III.1.3 REPRESENTATION	24
III.2 SOLUTION DYNACODE / DYNATABLETTE	25
III.2.1 CONNEXION	25
III.2.2 UTILISATION	26
III.2.3 VISUALISATION DES POINTS ET EXPORT	26

III.3	PROBLEMATIQUE DE L'ENTREPRISE	27
III.3.1	TESTS D'UN LOGICIEL EXISTANT : TOPODOT	27
III.3.2	PROBLEMATIQUE LOGICIELLE	28
III.3.3	DEVELOPPER SON PROPRE LOGICIEL : VIRTUAL SURVEYING	29
IV.	FONCTIONS DEVELOPPEES	30
IV.1	REFLEXION EN BASE DE DONNEES	31
IV.2	GESTION DES CODES	32
IV.2.1	CODE DE NATURE	32
IV.2.2	CODE DE LIAISON	33
IV.2.3	EXTRACTION DU CODE	34
IV.3	CALCUL D'UN AXE	35
IV.3.1	CONTROLE DES FICHIERS ASCII	35
IV.3.2	CALCUL DES POINTS D'AXE AUTOMATIQUE	36
IV.3.3	CALCUL DE LA DISTANCE CURVILIGNE	36
IV.3.4	CALCUL DE L'INTERIEUR DU RAIL	37
IV.4	OPTIMISATION DU PROCESSUS DE CALCUL D'AXE	38
IV.4.1	METHODE 1	38
IV.4.2	METHODE 2	39
IV.4.3	METHODE 3	39
IV.5	ACTIONS SUPPLEMENTAIRES D'UN POINT SAISI	40
IV.5.1	CALCUL DE LA DISTANCE CURVILIGNE ASSOCIEE A UN POINT	40
IV.5.2	PROFIL DE VOIE AUTOMATIQUE	41
IV.5.3	CALCUL DES POSITIONS KILOMETRIQUES COMPENSEES	42
IV.6	AFFICHAGE ET EXPORT	43
IV.6.1	AFFICHAGE	43
IV.6.2	MODIFICATION	43
IV.6.3	EXPORT	43
V.	DEFINITION D'UN CAHIER DES CHARGES	44
V.1	ÉVENEMENT D'UN POINT	45
V.2	IMPLEMENTATION D'UNE FONCTION DE CONTROLE EN TEMPS REEL	49
V.3	INTEGRATION DANS UN MOTEUR 3D	51
V.4	EXTRACTION AUTOMATIQUE ET FONCTIONS D.A.O.	53
V.4.1	INTEGRATION DE L'EXTRACTION AUTOMATIQUE	53
V.4.2	INTEGRATION DE FONCTIONS D.A.O.	53
V.5	TRAVAIL COLLABORATIF	54
CONCLUSION		55
LISTE DES FIGURES		57
LISTE DES TABLEAUX		58
LISTE DES TABLES		58
BIBLIOGRAPHIE		59
LISTE DES ANNEXES		1

Introduction

Le scanner laser dynamique permet d'acquérir un volume important de données en un minimum de temps. Aujourd'hui, le problème rencontré est le temps d'élaboration de plans à partir de ces données. Les différents types de marchés (P.C.R.S., T. Métro., Regevoie, Épure, S.I.G., Carto 200, Topographie) imposent différents livrables manquant d'automatisations et sont donc sources d'erreurs.

La chaîne de traitement, représentée à la figure 1, est longue et complexe. Nous utilisons un logiciel pour une fonction précise. Cela ne justifie donc pas le coût d'achat d'une licence spécifique qui est élevé. Les logiciels doivent être mis à jour régulièrement ce qui entraîne également un coût annuel important. Celui-ci doit être pris en compte lors d'appels d'offre et influe sur la marge effectuée. De plus, les logiciels utilisés sont à vocation de Système d'Information Géographique et non de Dessin Assisté par Ordinateur. L'interopérabilité S.I.G. / D.A.O. est difficile. Les échanges de formats de données (import et export) de ces différents logiciels sont complexes entraînant de la perte de temps et d'informations. La chaîne de traitement actuelle est chronophage.

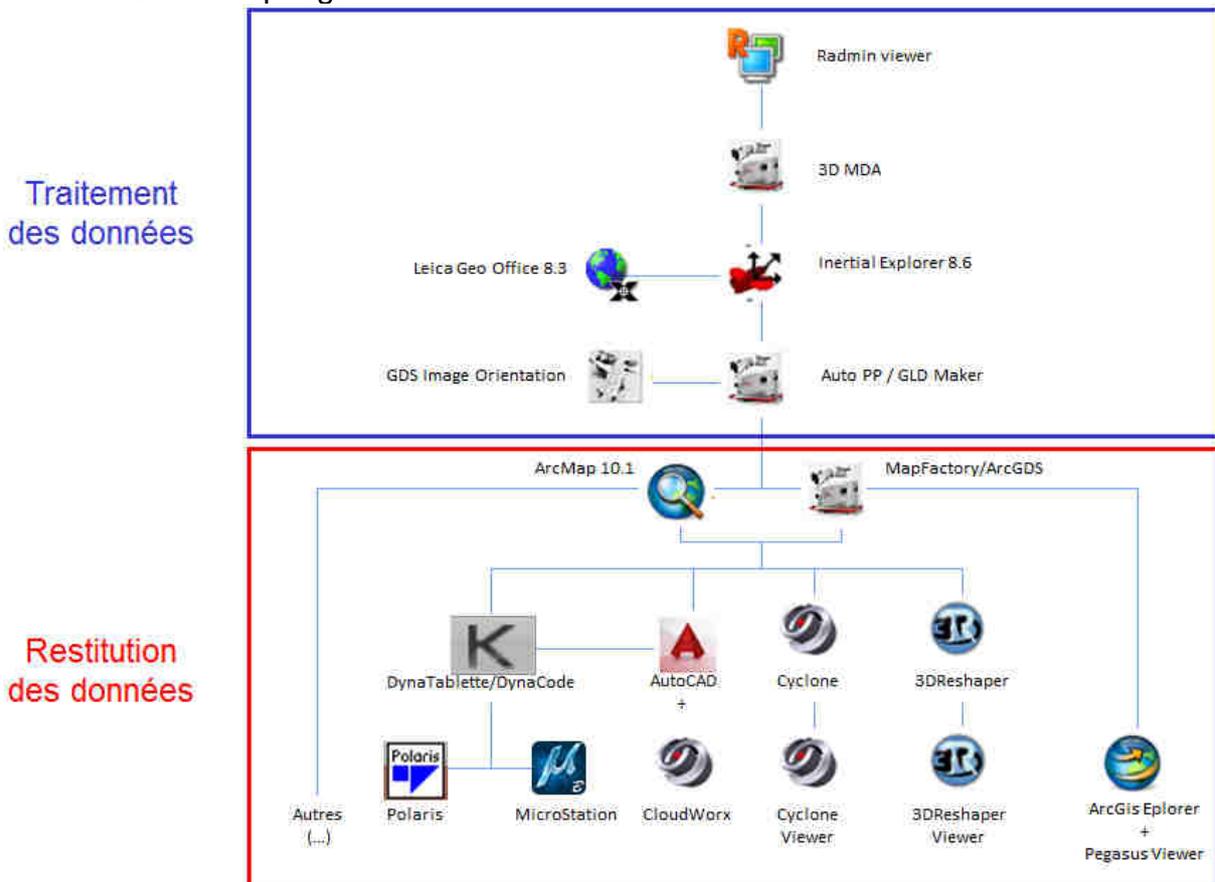


Figure 1 : Structure logicielle (source interne)

Pour pallier une partie de ces problèmes, une application nommée « DynaCode » a été développée, en partenariat avec une équipe de développeurs, afin de lier le logiciel S.I.G. « ArcGIS » et D.A.O. « Polaris ». DynaCode génère de la donnée ASCII et permet d'extraire les coordonnées d'un point sélectionné dans ArcGIS. L'utilisateur attribue un code topographique entré manuellement à ce point.

Un fichier « .est » est créé et contient le matricule, les coordonnées et le code de chaque point. Ce code fait partie d'une table de codification définie dans Polaris qui, lors de la génération, dessine des lignes automatiquement. Le terrain et le levé géomètre traditionnel sont ainsi virtualisés.

La table de codification a été conçue pour matérialiser chaque élément rencontré sur le terrain. Elle est composée de deux parties :

- les éléments de nature ponctuelle (insérés dans un dessin à partir d'un point),
- les éléments de nature linéaire (représentés sous forme de ligne).

Le problème est que la table est vaste. Pour une personne novice, la table peut paraître complexe et le temps perdu à rechercher un code est conséquent. A ces codes s'ajoutent des préfixes, dits « codes de liaison », qui permettent de définir la géométrie de l'objet (début d'alignement droit, début de courbe, point d'intérêt, ...).

Les logiciels existants sur le marché ne conviennent pas aux besoins de l'entreprise. Certaines fonctions sont néanmoins intéressantes. Mais les coûts des logiciels ne sont pas viables économiquement. Devant la complexité et le temps perdu avec la structure logicielle, 3DSI souhaite développer une interface simple, nommée « Virtual Surveying », intégrant différentes fonctionnalités propres à leurs domaines d'intervention. Même si le terrain est virtualisé, une expérience terrain permet de mieux appréhender le report. De fait, l'objectif de ce développement est de faciliter celui-ci même pour les personnes novices qui ont une faible connaissance et expérience terrain. Sur le nuage de points, le levé n'est pas entièrement exhaustif (masques, portée du scanner, densité du nuage). Une interprétation est nécessaire.

L'avantage de développer son propre logiciel est l'implémentation de fonctions uniquement nécessaires au fonctionnement de l'entreprise. Sa maintenance sera moindre puisque ce sera juste une modification de code. De plus, le logiciel pourra évoluer avec l'entreprise et l'obtention de ses futurs marchés et permet une adaptation continue au gré des souhaits clients. L'objectif final, à long terme, est l'intégration d'un moteur 3D qui permettra de gérer à la fois l'affichage du nuage de points et les éléments de D.A.O.

La mise en place d'un tel logiciel nécessite la rédaction d'un Cahier Des Charges (C.D.C.). Il faut alors réfléchir sur toutes les fonctions à ajouter et les classer en plusieurs phases. Dans ce C.D.C., nous trouverons des explications des différentes fonctions de façon claire et précise. Le développement qui s'effectuera nécessitera l'apport des connaissances topographiques. L'objectif est d'expliquer le résultat à atteindre en apportant les points plus techniques comme les équations utilisées.

L'entreprise souhaite augmenter la rapidité de traitement des données à l'aide d'un véritable outil adapté à ses besoins tout en gardant à l'esprit une simplicité d'utilisation et une gestion de l'information en base de données « .mdb » (Microsoft DataBase). La B.D.D. permettra de stocker des informations liées aux points. Les livrables sous forme de tableaux, notamment pour la S.N.C.F., pourront être extraits directement de la base de données. L'automatisation de création de ses livrables permettra un gain de temps. De plus, une base de données Access est lisible et interprétable dans un logiciel de S.I.G.

I. Contexte de l'étude

Dans cette première partie, nous allons réaliser un état des lieux de l'entreprise pour comprendre son fonctionnement. Nous allons préciser les différents marchés et livrables qui doivent être fournis aux clients. Ensuite, nous allons présenter les choix matériels retenus et comment traiter les données issues des différents levés pour effectuer les livrables.

I.1 Différents types de marchés

I.1.1 Topographie

Ce sont toutes les prestations de levés topographiques autres que celles citées ci-après. Elles ne disposent pas d'une charte graphique spécifique autre que celle mise en place par l'entreprise.

I.1.2 S.I.G.

La société travaille en partenariat avec des collectivités afin de mettre à jour leur base de données pour l'élaboration de plans d'urbanisme ou le positionnement de réseaux. Une adaptation est nécessaire concernant le type de base de données car les collectivités n'utilisent pas toutes les mêmes logiciels. En effet certaines préfèrent un logiciel de S.I.G. type QGIS (qui est libre et multiplateformes) tandis que d'autres la suite de logiciels ArcGIS développée par *Esri*.

I.1.3 P.C.R.S.

Le Plan de Corps de Rue Simplifiée constitue le socle commun topographique minimal de base décrivant à grande échelle les limites apparentes de la voirie. Il est destiné à servir de support topographique aux applications requérant une précision d'ordre centimétrique (entre un et dix centimètres). Il a été conçu pour répondre aux exigences de la réforme dite « anti-endommagement » de novembre 2013. « On déplore chaque année plus de 100 000 dommages [...] lors de travaux effectués au voisinage des 4,5 millions de kilomètres de réseaux aériens ou souterrains implantés en France ». Le P.C.R.S. est un plan numérique utilisé pour améliorer la précision du repérage des réseaux et fiabiliser l'échange d'informations entre les plans D.A.O. et les S.I.G. des collectivités. Celles-ci souhaitent gérer l'amélioration du positionnement des réseaux existants et la qualité du flux issu des travaux neufs. Une classe de précision a été déterminée pour ce type de travaux : la classe A. L'incertitude maximale de localisation doit être inférieure ou égale à quarante centimètres pour un ouvrage rigide et inférieure ou égale à cinquante centimètres pour un ouvrage flexible. Les différents acteurs comme les maîtres d'ouvrage et entreprises de travaux peuvent travailler sur un plan à même échelle ce qui permet d'éviter des perturbations de circulation, accidents de personnes ou atteintes à l'environnement. Pour un gain de qualité et de temps, il y a une mutualisation des dépenses de levés topographiques pour obtenir un fond de plan unique.

Le P.C.R.S. complète d'autres sources de données existantes comme la Représentation Parcellaire Cadastre Unique (R.P.C.U.), la Base Adresse Nationale (B.A.N.) ou la Base de Données Unique (B.D.U.) sur Toulouse. Une cohérence entre ces bases doit subsister.

(source : <http://cnig.gouv.fr/>)

I.1.4 Carto 200

Le groupe E.R.D.F. (Électricité Réseau Distribution France) / G.R.D.F. (Gaz Réseau Distribution France) propose des marchés de prestations topographiques à grande échelle. Le Carto 200 est un relevé de corps de rue à l'échelle du 200^{ème} qui a pour but le géoréférencement des réseaux électriques et gaz. Des normes réglementent les conditions de réalisations des prestations topographiques. Elles décrivent les procédures à suivre pour réaliser les plans, la structure des fichiers numériques, leur format, la symbologie des différents types d'objet et leur calque d'insertion. Elles permettent l'uniformisation d'une base de données à l'échelle nationale. Un Cahier des Charges Techniques Particulières définit la liste des éléments à relever. Les gestionnaires des marchés utilisent les logiciels ATLAS C200, développé par ATLOG, et MicroStation PowerDraft, développé par *Bentley*, pour la réalisation des fonds plans en respect des différentes normes. Le format d'échange est le « .dgn ».

I.1.5 Toulouse Métropole

« T. Métro. est un établissement public de coopération intercommunale regroupant 37 communes qui s'associent au sein d'un espace de solidarité. Elles élaborent et conduisent ensemble un projet commun de développement urbain et d'aménagement de leur territoire. » (source : <http://www.mairie-lunion.fr/>)

T. Métro. a pour mission d'assurer la collecte et le traitement des eaux usées et la production et la distribution d'eau potable. Elle doit également gérer 2 500 km de voiries ce qui passe par l'entretien, l'aménagement et la création de nouveaux axes.

T. Métro. demande un relevé topographique de corps de rue en y faisant figurer les différents éléments de la chaussée et s'engage à fournir les données issues de la B.D.U. de Toulouse et le cadastre digitalisé ainsi que la liste de tous les éléments qui doivent être présents pour l'obtention d'un plan conforme (fossés, talus, changements de nature de sol, bords et axes de chaussée, fils d'eau et hauts de bordure, clôtures, ...). La livraison est un plan numérique au format AutoCAD (.dwg) à l'échelle du 200^{ème}.

I.1.6 S.N.C.F.

La S.N.C.F. propose des prestations topographiques pour mettre à jour les différents travaux effectués sur les voies. Le C.D.C. levé topographique S.N.C.F. ainsi que des annexes définissent les différents éléments pouvant être rencontrés sur la voie. Ils précisent comment les relever sur le terrain ainsi que les reporter sur un plan. Ces documents ont été rédigés pour une uniformisation nationale. Les prestations proposées nécessitent la livraison d'un certain nombre de documents. Ceux-ci peuvent être des tableaux Excel, des « .pdf », des fichiers textes, des « .kmz » pour un affichage dans Google Earth, des photographies ou des fichiers AutoCAD « .dwg ». Tous ces livrables seront présentés dans la partie II.

I.2 Matériels utilisés

3DSI est à l'écoute des nouvelles technologies. De ce fait, les matériels pouvant être utilisés sont variés.

I.2.1 Scanner laser dynamique

Pour répondre à la demande, 3DSI a investi en 2013 dans un scanner laser dynamique de chez Leica : le Pegasus SM 70. Aujourd'hui, la deuxième version du scanner est utilisée.

Le Pegasus Two est composé de plusieurs capteurs :

- une (ou deux) antenne G.N.S.S. qui permet le positionnement,
- une centrale inertielle qui définit l'orientation par mesures des angles de roulis, tangage et lacet,
- un scanner laser 3D qui sert à modéliser des surfaces par production de nuage de points,
- sept ou huit caméras : Les mesures photogrammétriques permettent de limiter les effets des ombres laser.

Il se fixe soit sur les barres de toit d'une voiture, soit sur un véhicule tout terrain permettant d'accéder à des endroits plus étroits.



Figure 2 : Photographie du Pegasus Two (source interne)

Au préalable du levé, la préparation de la mission est recommandée. La première étape est la phase d'initialisation statique et dynamique dans une zone dégagée. Ensuite, il faut choisir une trajectoire en fonction de la zone de levé, du sens de circulation des voies et de l'obstruction G.N.S.S.

La trajectographie est obtenue en post-traitement avec le logiciel Inertial Explorer. Pour ce faire, il faut placer, judicieusement, un ou plusieurs pivots sur le chantier en fonction de la zone à couvrir (1 pivot couvre un rayon de 8 km) et déterminer le temps d'observations minimum. La détermination des coordonnées du / des pivots s'effectue avec les stations R.G.P. les plus proches ou bien par utilisation de points R.B.F.

La procédure terrain est la suivante :

Une fois les pivots installés et la phase d'initialisation effectuée, l'acquisition peut démarrer. Le système Pegasus est contrôlé à distance, par un opérateur, depuis l'intérieur du véhicule au moyen d'un ordinateur portable. Une acquisition nécessite deux personnes, l'une conduit pendant que l'autre la guide et vérifie la concordance des paramètres. L'unité centrale du système est équipée d'une antenne wifi et d'un logiciel de contrôle à distance. Ainsi l'opérateur a accès directement à l'unité centrale du Pegasus depuis son ordinateur portable ou d'une tablette. En fin de session d'acquisition, il est nécessaire de réaliser une séance d'initialisation inverse.

I.2.2 Scanners laser statique

Deux scanners laser statiques de chez Leica sont aussi utilisés : le C10 et le HDS 7000. Ils ont vocation à effectuer des levés d'intérieur, de l'auscultation d'ouvrages ou parfois à compléter les levés Pegasus. Le C10 permet de prendre 50 000 points par seconde pour une portée de 300 mètres tandis que le HDS 7000 permet d'acquérir 1 000 000 points par seconde pour une portée maximale de 187 mètres. Ce dernier est la même technologie que le profiler utilisé dans le Pegasus.

I.2.3 Drone

La société est en train d'assembler un drone qui permettra l'acquisition photogrammétrique de carrières par exemple. Le traitement de ces images génère un nuage de points. Deux personnes ont effectué la formation de télépilote pour l'utiliser. Le drone sera opérationnel pour les trois scénarios (S1, S2 et S3).

Tous ces appareils et techniques de relevés permettent d'acquérir un nuage de points 3D considérable. Les clients ne demandent que très rarement le nuage de points car il est nécessaire de posséder les ordinateurs et les logiciels adéquats. Il faut alors garder en vue que l'aboutissement est la livraison de plans (format numérique ou papier) ce qui nécessite l'utilisation de logiciels de traitement et de restitution.

I.3 Logiciels utilisés

L'acquisition au scanner dynamique étant effectuée, il reste à traiter les données, ce qui nécessite des logiciels adéquats. Nous allons répartir les logiciels de l'entreprise en deux catégories : le traitement et la restitution des données.

I.3.1 Traitement des données

Le traitement des données issues du Pegasus se déroule en 6 étapes :

- le calcul de la trajectographie,
- le calcul de l'orientation absolue des caméras,
- la génération du nuage de points 3D,
- le contrôle et l'amélioration de la qualité interne des données,
- l'estimation de la précision de la trajectographie,
- l'estimation de la précision relative et absolue.

(Inspiré du mémoire de Christophe Dupré)

Traitement des données

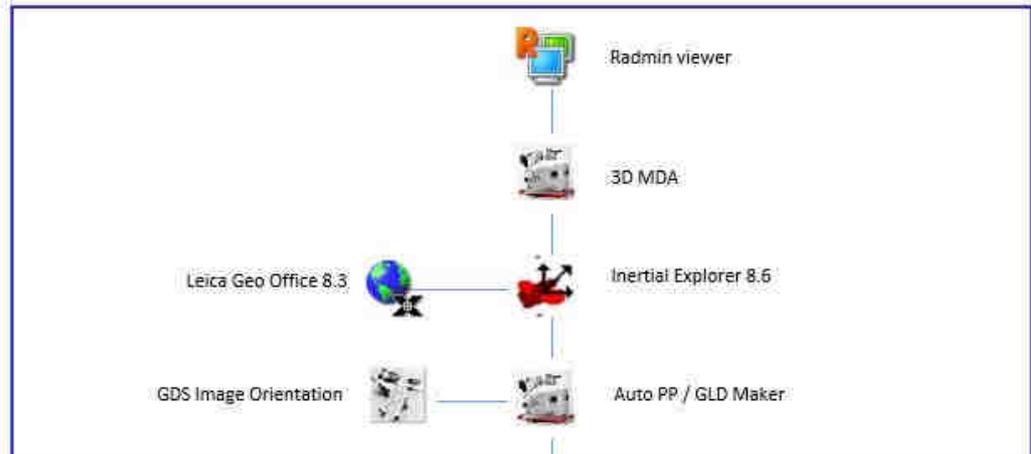


Figure 3 : Organigramme du traitement des données Pegasus (source interne)

Pour toutes ces étapes, sept logiciels sont nécessaires :

- Radmin Viewer : Logiciel de contrôle à distance du Pegasus.
- 3D MDA (Mobile Data Acquisition) : Logiciel d'enregistrement (acquisition et gestion des données Pegasus),
- Leica Geo Office : Logiciel de post-traitement de données G.N.S.S.,
- Inertial Explorer 8.6 : Logiciel de post-traitement de la trajectographie,
- Auto PPP : Logiciel de génération des données Pegasus
- GLD Maker : Logiciel d'import et de traitement de données M.M.S. au format Leica,
- GDS image orientation : Logiciel de contrôle et de calibration des caméras du Pegasus.

I.3.2 Restitution des données

Une fois la partie traitement effectuée, il est possible d'extraire les données nécessaires à la constitution des livrables. Le nuage de points nécessite des équipements spéciaux afin de faciliter sa visualisation comme des écrans, des souris et des lunettes 3D dont l'entreprise est équipée.

Restitution des données

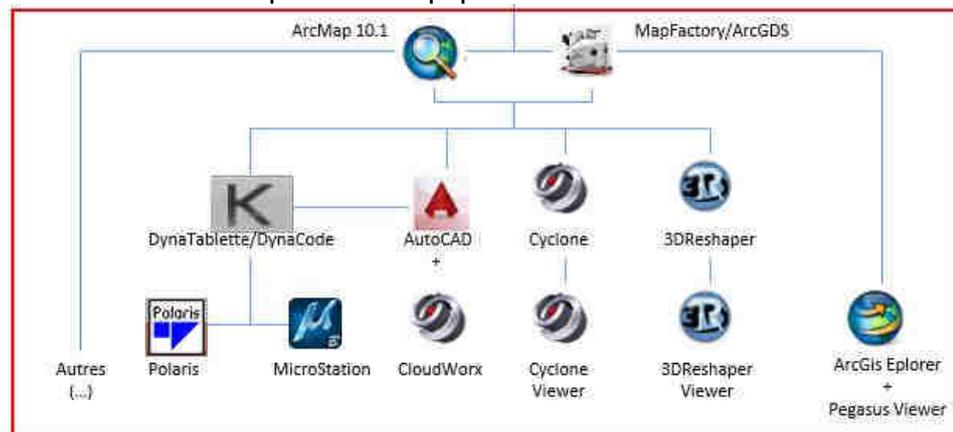


Figure 4 : Organigramme de la restitution des données (source interne)

Définition et mise en place des prérequis nécessaires au développement d'une plateforme de production 3D en langage de programmation orienté objet

Le logiciel de S.I.G. ArcMap et ArcGIS explorer avec les plugins respectifs ArcGDS et MapFactory permettent la visualisation du nuage de points et des images des différentes caméras. Nous pouvons ouvrir les images à un endroit particulier de la trajectoire depuis la carte en bas à droite (en jaune sur la figure 4) ou ouvrir le nuage depuis une image en haut à droite. De ce fait, l'affichage du nuage s'effectue sur l'écran 3D et permet d'avoir un écran libre pour afficher les six caméras et la carte.

Le nuage peut se visualiser sous différentes formes comme en R.G.B. (Red, Green, Blue), intensité de gris, intensité de teintes ou classe. La souris 3D Stealth Mouse (S2-Z) permet de se déplacer facilement dans le nuage.

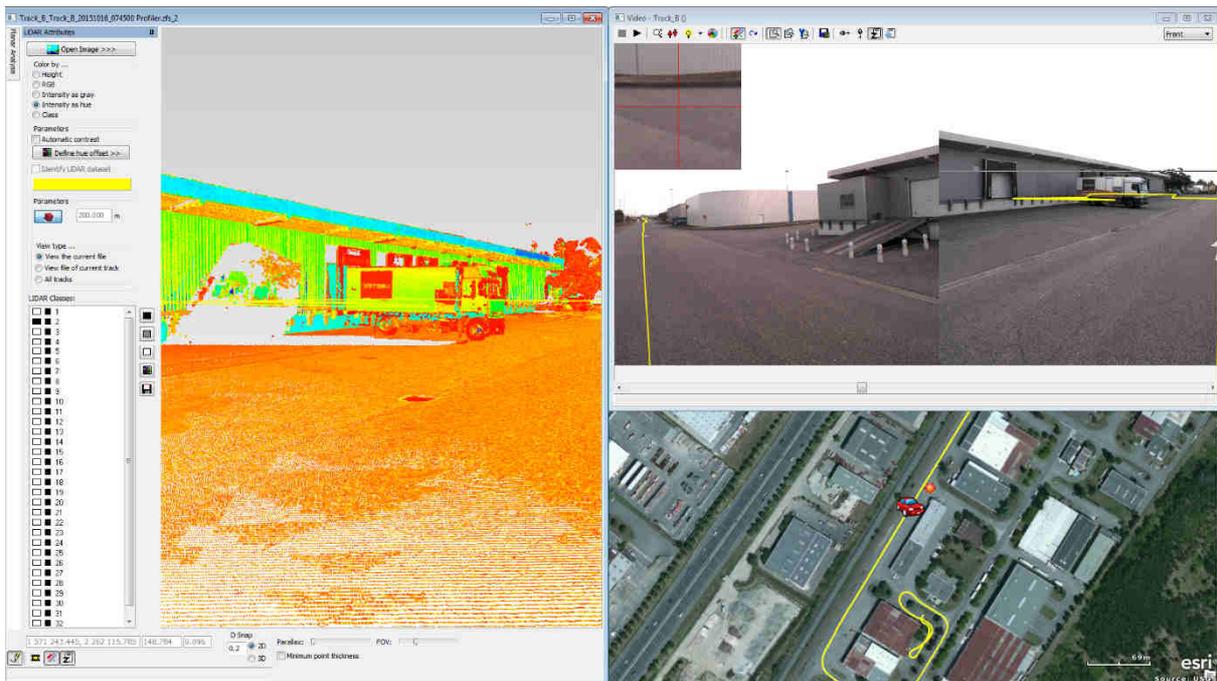


Figure 5 : Visualisation sous le logiciel ArcGIS du nuage de points et de deux caméras

La combinaison du nuage et des caméras facilite la compréhension du nuage de points tout en conservant sa précision. La visualisation en temps réel associée à la combinaison interactive entre les photographies et le nuage de points est le plus gros avantage de tous les logiciels sur le marché.

La saisie et l'enregistrement des données vectorisées se fait dans le format shapefile. Les points déjà sélectionnés peuvent alors être insérés dans ce format ce qui permet un contrôle sur un éventuel oubli.

Le choix de l'entreprise pour le logiciel D.A.O. est Polaris. Celui-ci n'est plus développé aujourd'hui. Toutefois, il permet l'élaboration de plans de bonne qualité graphique et de rendu papier car il s'agit d'un logiciel dédié uniquement à la topographie. De plus, sa gestion est réfléchiée en base de données (B.D.D.). La prise en main est totalement différente que sur des logiciels comme AutoCAD / Covadis.

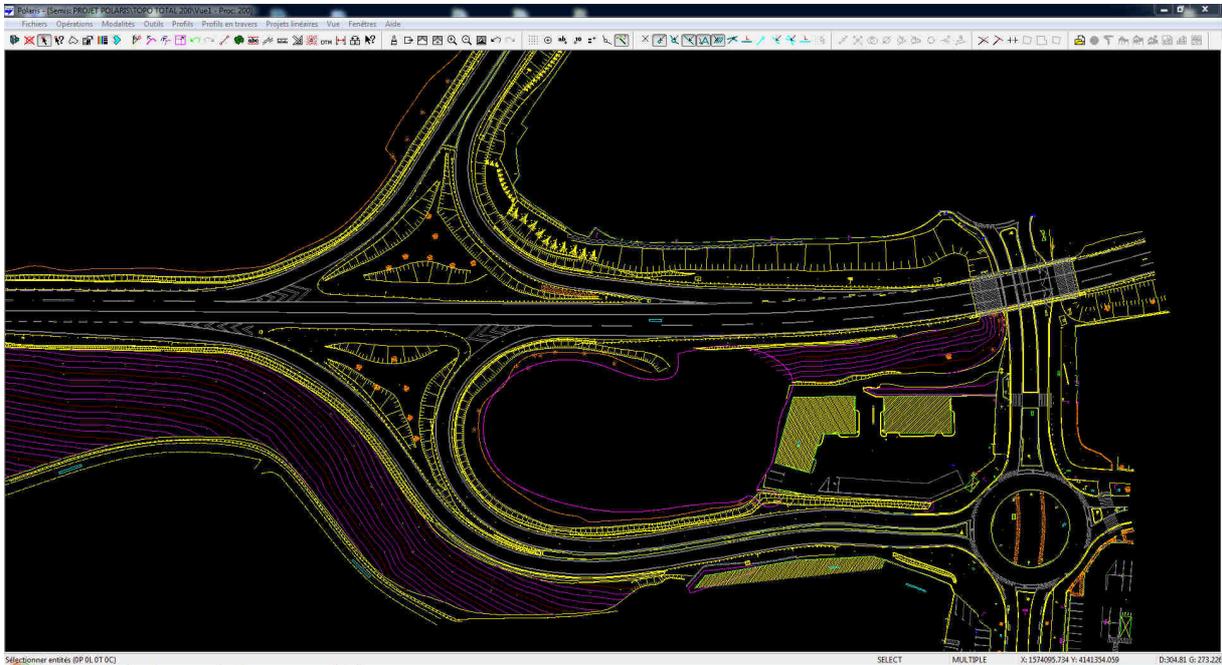


Figure 6 : Plan sous le logiciel Polaris

Nous avons alors deux logiciels à vocations différentes S.I.G. (ArcGIS) et D.A.O. (Polaris). Pour la constitution d'un plan, nous avons besoin de la visualisation du nuage et des photographies mais aussi des fonctions de D.A.O. C'est pourquoi 3DSI a développé sa propre application nommée DynaCode / DynaTablette qui permet la saisie interactive de codes et de données D.A.O. Cette application sera présentée ultérieurement.

En complément, de par certaines fonctions intéressantes, l'entreprise dispose de :

- 3DReshaper pour l'extraction automatique de polygones de files de rails et de câbles caténaires dans les chantiers ferroviaires,
- Cyclone pour effectuer les traitements des données du scanner laser statique,
- AutoCAD et CloudWorx pour la visualisation et le traitement de nuage de points sous la forme de plans et coupes.

II. Cas particuliers des livrables S.N.C.F.

Les livrables S.N.C.F. sont nombreux et manquent d'automatisations. Certaines informations sont renseignées sur plusieurs documents ce qui augmente les risques d'erreurs lors de la ressaisie.

Les fichiers livrés, présentés par format de fichiers, sont :

- plan de piquetage,
- profil en long,
- plan des gares,
- plan des ouvrages surplombants la voie (Pont Route par exemple),
- plan Regevoie,
- extraction automatique des files de rails et câbles caténares,
- carnet caténaire,
- entraxe,
- flèche et dévers,
- tipules,
- documents terrains.

II.1 Plans AutoCAD

II.1.1 Plan de piquetage

Un plan de piquetage est un fichier « dwg » où figurent :

- supports caténares avec leur numéro,
- polygones de files de rail et de câbles caténares,
- pont Route (P.R.O.),
- emprise des Passage à Niveau (P.N.), Ponts Rail (P.R.A.), P.R.O, Petits Ouvrages Sous Voie (P.O.S.V.),
- portées entre supports caténares,
- obstacles longitudinaux ou transversaux et distances cumulées,
- feux ferroviaires.

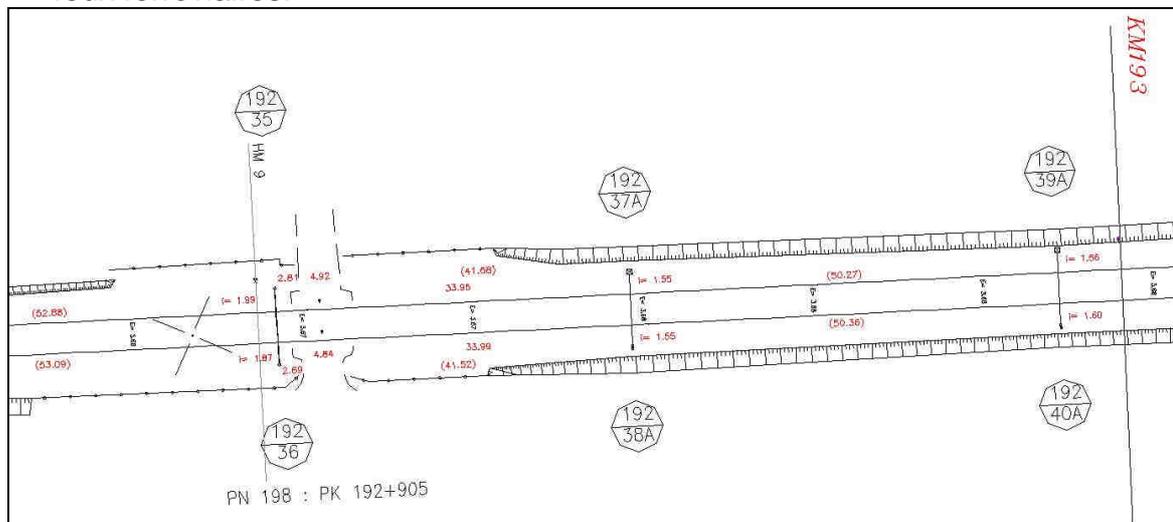


Figure 7 : Extrait d'un plan de piquetage

Dans une gare, nous effectuons, à minima, un profil en travers tous les dix mètres. C'est-à-dire que nous levons tous les éléments remarquables de la voie et affleurants sur une même ligne perpendiculaire à l'axe et effectuons une coupe. Chaque élément spécifique levé dans la gare donne lieu à un profil en travers supplémentaire.

Chaque gare aura son propre « .dwg » composé de deux éléments :

- une vue en plan où figure les files de rail, l'axe de la voie, la projection du câble caténaire et les différents éléments levés sous forme de point avec leur altitude,

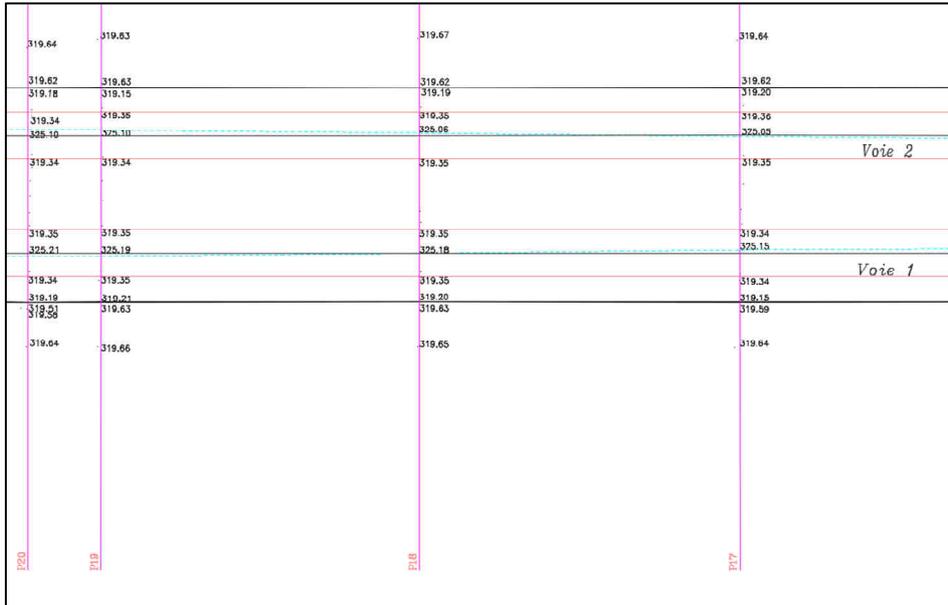


Figure 8 : Extrait d'un plan « dwg » de gare

- un carnet des différents profils en travers au 100^{ème}.

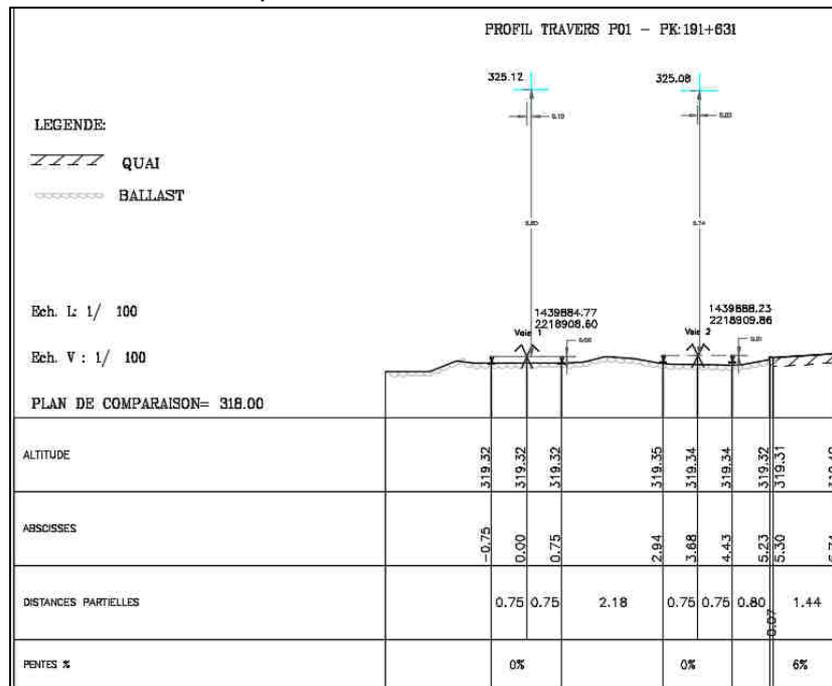


Figure 9 : Exemple d'un PT du fichier « dwg »

II.1.2 Restitution des ouvrages surplombant la voie P.RO. / Tunnel / P.RA. d'une autre voie

Un plan et un tableau Excel récapitulatif sont effectués pour chaque P.RO. rencontré sur la voie. Sur chaque plan est représenté :

- un plan du P.RO. entre les supports caténaires l'encadrant (avec supports caténaires, numéro de chaque support, polygones de files de rail et de câbles caténaires, axe de la voie, P.K. profil, et axe de la route),
- deux profils en travers en début et fin d'ouvrage,
- un profil en long (Plan Moyen de Roulement + câble caténaire) pour chaque voie permettant d'avoir la hauteur libre au niveau de la sous face de l'ouvrage.

Le fichier associé récapitule les informations de gabarit de tous les ouvrages :

Pk Officiel Ouvrage	Pk profil	Type de profil	Voies principales								
			V1				V2				
			File de gauche		File de droite		File de gauche		File de droite		
			HSP (m)	Gabarit transversal (m)	HSP (m)	Gabarit transversal (m)	HS P (m)	Gabarit transversal (m)	HSP (m)	Gabarit transversal (m)	
197.024	197.019	Entrée	4.75	1.43	5.22			5.15		4.86	1.53
	197.030	Sortie	4.76	1.39	5.26			5.18		4.94	1.49
198.245	198.236	Entrée	5.61	3.52	5.59			5.58		5.57	3.54
	198.253	Sortie	5.60	3.50	5.58			5.56		5.55	3.54
207.056	207.051	Entrée	6.34	7.00	6.33			6.31		6.32	9.10
	207.061	Sortie	6.82	6.71	6.84			6.79		6.78	9.38

Tableau 1 : Exemple de tableau récapitulatif P.RO.

II.1.3 Profil en long

La S.N.C.F. demande un fichier « .dwg » dans lequel se trouvent trois profils en long (un profil en long de file de rail gauche, un de file de rail droite et un dernier de file basse) pour chaque voie rencontrées contenant tous les éléments, leur altitude et la géométrie de la voie. La file basse est définie en planimétrie par l'axe et en altimétrie par l'altitude la plus basse des deux files de rail.

VOIE N° V1				
FILE DE RAIL GAUCHE				
PK ORIGINE : 204+946				
PK FIN : 204+950				
Ech. L: 1/ 500				
Ech. V: 1/ 50				
PLAN DE COMPARAISON= 186.00				
ALTITUDE RAIL	228.25		228.61	
ALTITUDE CATENAIRE		234.65	234.35	228.61
ABSCISSES	0.00	60.41	99.13	111.15
DISTANCES PARTIELLES		60.41	38.72	12.02
PENTES RAMPES %		-0.61	-0.71	-0.74
AXE EN PLAN		Pleine Courbe D - R=649	R-P	Pleine Courbe D - R=649
			51.08	20.10

Figure 10 : Eléments renseignés sur le profil en long

II.2 Tableaux

D'autres livrables sont des tableaux de données en format Excel qui viennent compléter les plans ou parfois répéter les informations.

II.2.1 Extraction automatique

3D Reshaper est utilisé pour extraire automatiquement les files de rail et les câbles caténaires sous forme de polyligne 3D. Les polygones de câbles caténaires seront reportées dans un premier fichier. Les files de rails appartenant à la même voie constitueront un ou plusieurs « .dwg » selon le nombre de voie. Le livrable sera alors composé de plusieurs fichiers AutoCAD.

II.2.2 Carnet caténaires

Chaque support caténaire dispose d'un numéro (190-15A). Un couple de supports est défini par l'alignement de deux d'entre eux comme sur la figure 11.

Généralement les numéros se suivent (couple 190-15A / 190-16A). Pour chaque couple de supports caténaires, présents sur la zone à relever, trois documents doivent figurer.

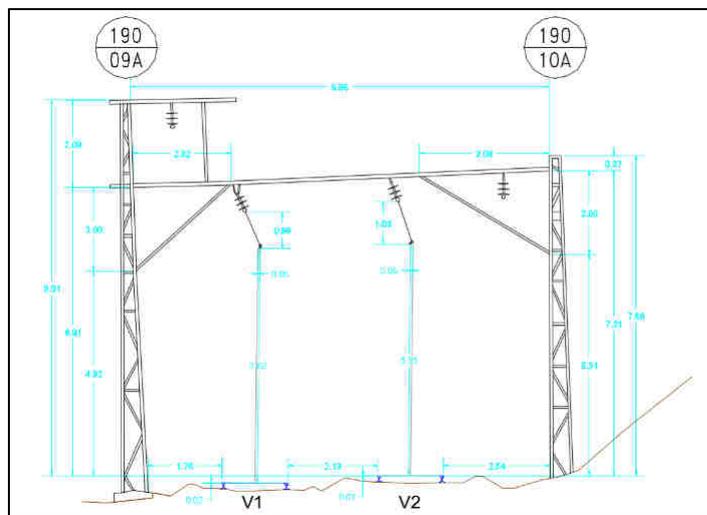


Figure 11 : Coupe d'un couple de supports caténaires vectorisés à partir du nuage de points

Le premier est une photographie de chaque support. Le deuxième est une coupe de la voie au niveau de ce couple qui doit être réalisée au format AutoCAD. Le dernier, qui ne figure pas sur tous, est une coupe longitudinale (le long de la voie) du support caténaire s'il possède un renfort au sol de type ancrage.

Un tableau Excel doit récapituler :

- le numéro du Panneau Kilométrique (P.K.), la valeur P.K. compensée,
- le numéro du couple support de voie,
- la hauteur du fil contact (pris par rapport au P.M.R. de la voie) et le désaxement (distance entre le projeté orthogonal du fil contact sur le P.M.R. et la projection verticale sur le tablier),
- le dévers actuel (écart d'altitude entre la file de rail gauche et droit),
- le rayon de la courbe et son sens,
- la portée (distance avec le couple précédent).

II.2.3 Entraxes

L'entraxe comme son nom l'indique est la distance entre deux axes de voies. Celui-ci devra être mesuré tous les vingt mètres sur la voie. Un fichier « .dwg » représentera ces entraxes par un segment 2D avec la distance indiquée au milieu du segment. Un tableau Excel devra aussi être envoyé avec trois colonnes (P.K., P.K. compensé de l'entraxe, et distance).

II.2.4 Flèches et dévers

La flèche est le segment reliant les milieux d'un arc et de sa corde. Le dévers est la différence d'altitude entre les files de rail droite et gauche. La demande de la S.N.C.F. est d'avoir un fichier Excel qui récapitule ces dévers et flèche pour chaque voie tous les vingt mètres (une feuille par voie). Chaque feuille est composée de six colonnes :

- distance curviligne en mètre et arrondie au centimètre,
- P.K. réel donné en kilomètre et arrondi au mètre,
- dévers en mètre, arrondi au millimètre,
- sens de la courbe (gauche ou droite),
- flèche en mètre,
- rail concerné (gauche ou droite).

II.2.5 GOP (terme S.N.C.F.)

Pour chaque support caténaire, un tableau récapitule :

- le P.K. en kilomètres arrondi au mètre,
- le numéro du support,
- la portée en mètres arrondie au centimètre,
- la hauteur du fil contact en mètres arrondie au centimètre,
- le dévers actuel en millimètres,
- le rayon de la courbe en mètres,
- le désaxement actuel en mètres arrondi au centimètre.

II.2.6 Tipules

La série de livrables est composée de plusieurs tableaux Excel.

II.2.6.1 Fiches TIPULES pour les passages à niveau

Un fichier Excel variant entre les deux voies et les quatre voies doit être rempli pour chaque P.N. rencontré sur la voie.

Il faut spécifier :

- le type de ligne et le P.K. compensé,
- le type de P.N. et sa situation,
- les équipements en barrières,
- le matériau du platelage,
- les deux distances sous barrières,
- la largeur des routes.

Il faut lever deux points à l'intersection des files de rail de la voie et l'axe de la route et lever le P.N. comme ci-dessous :

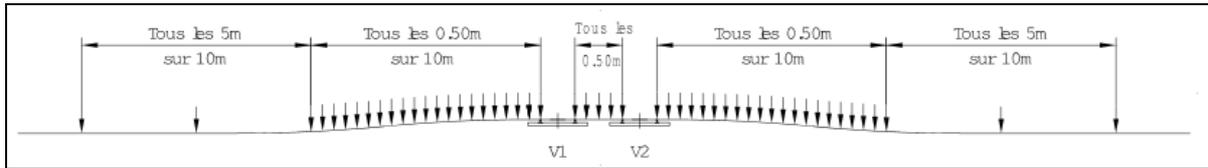


Figure 12 : Schéma du levé d'un PN (source : Annexe 1.3 - Fiches TIPULES de la SNCF)

II.2.6.2 Tipules

Dans ce tableau Excel, nous trouvons :

- un schéma en plan du P.N.,
- un schéma du profil en long routier du P.N.,
- un tableau avec l'abscisse, l'altitude et la désignation (si nécessaire) de tous les points figurant sur la figure 12.

II.3 Particularités

II.3.1 Documents terrains

Nous avons précisé dans la partie présentation du scanner dynamique que l'acquisition nécessitait des pivots G.N.S.S. et parfois des points de contrôle.

Deux façons de procéder pour les points de contrôle :

- mise en place, en amont du passage du véhicule, de marques de peinture ou de cibles dont la densité est définie en fonction de la vitesse de roulage,
- relevé de points remarquables naturels facilement identifiables dans le nuage (angle de bande blanche, seuil, pied de support caténaire)

Les fiches signalétiques, de chacun des pivots et points, devront être réalisées avec :

- matricule et lieu,
- nature du point,
- coordonnées en R.G.F.93 - Lambert 93 et R.G.F.93 – C.C.,
- correction à la projection C.C.,
- P.K. compensé,
- type de nivellement,
- photographie,
- croquis de repérage,
- plan de situation.

Une série de fichiers « .kmz » permet de retracer et positionner :

- les points et stations de référence utilisés lors du post-traitement ainsi que les vecteurs calculés,
- l'ensemble des points post-traités.

Enfin, l'ensemble des points caractéristiques composant la synoptique de la ligne observée est positionné sur la vue aérienne afin de pouvoir retrouver facilement ces derniers.

II.3.2 Regevoie

Les reports type Regevoie sont générés et utilisés dans le cadre d'une mission de régénération de voie. Ils sont spécifiés dans quatre documents rédigés par la S.N.C.F.

II.3.2.1 C.D.C. levé topographique S.N.C.F.

Ce cahier des charges a pour objet de lister et décrire les différents éléments de report attendus dans le cadre d'une prestation de levé topographique ferroviaire. Un exemple de chaque plan y est défini afin de pouvoir juger du niveau de détails et de la classe de précision attendue.

II.3.2.2 Référentiel IG 5001

L'ensemble des opérations ferroviaires et les procédures de restitution sont résumés dans une série de référentiels mis en place par la S.N.C.F. à destination de différents prestataires afin d'obtenir un livrable unique quel que soit le prestataire retenu. Le référentiel définit les méthodes de levé pour un report Regevoie dans le cadre d'une prestation de géomètres.

Ce référentiel est destiné à spécifier les éléments génériques de terrain qui doivent être levés par le géomètre, en vue d'une étude de régénération de voie, étude qui sera réalisée à l'aide du logiciel Regevoie développé par la S.N.C.F.

Ce document précise :

- quelques informations sur le contrat accompagnant le présent référentiel,
- des généralités sur les principes du levé pour Regevoie et des résultats à fournir,
- les informations à collecter,
- les éléments du terrain à lever.

II.3.2.3 Référentiel IG 5002

Ce référentiel décrit le gabarit et les prérequis de l'étude Regevoie en utilisant les calques et blocs communs prédéfinis du prototype LeveRegevoie.dwt (fournit par la S.N.C.F.) sous AutoCAD. Le fichier AutoCAD constitue le document livrable par les géomètres.

Le présent document décrit les étapes de travail du géomètre :

- importation du semis issu du levé, avec utilisation du prototype,
- insertion des blocs et polygones 3D dans les calques attendus,
- vérification de la cohérence des données à l'aide d'un outil de vérification mis à disposition par la S.N.C.F.

II.3.2.4 Livrable Regevoie

Trois documents composent ce livrable : un fichier « .dwg », un fichier « .txt » et un fichier « .doc ». L'outil de vérification contrôle chaque élément de la voie présent dans les différents calques et génère un fichier d'erreurs afin de s'assurer de la conformité du plan vis-à-vis des documents précédemment cités. Le prestataire génère un rapport de contrôle et un fichier explicatif dans le cas de non-conformité.

III. Fonctionnement

Nous avons vu dans la première partie les différents marchés, matériels et logiciels. Nous allons comprendre par la suite les problématiques rencontrées par l'entreprise malgré le développement de son application et comment elle souhaite les résoudre. DynaCode / DynaTablette a été développée en partenariat avec une équipe de développeurs en langage de programmation orienté objet : le C#. Elle est issue d'une réflexion judicieuse qui permet de lier ArcGIS à un logiciel de D.A.O. (dont Polaris) en utilisant une codification topographique basique. Nous attribuons un code à un point pour que le dessin se génère automatiquement sous Polaris une fois la saisie terminée. Le logiciel a été mis en place pour utiliser la codification existante.

III.1 Table de codification

Cette table a été conçue pour représenter n'importe quel élément pouvant se trouver sur le terrain. Elle est divisée en deux catégories : le code nature et le code liaison.

III.1.1 Code nature

Les codes de natures se répartissent en deux parties :

- les éléments de nature ponctuelle : représentés sous la forme d'un point (arbre, poteau, panneau, borne ...),
- les éléments de nature linéaire : représentés sous la forme de ligne (trottoir, bâtiment, talus, rail, ...).

Chaque élément possède un code qui lui est propre (exemple : AR pour un arbre, AX pour un axe). Les codes pour le linéaire sont conçus pour pouvoir gérer plusieurs lignes de même type en même temps en les différenciant (par exemple S1N, S2N à S9N permet de gérer 9 lignes d'axe de voie S.N.C.F.).

III.1.2 Code liaison

Le code liaison permet la représentation géométrique d'un élément. Nous avons les 11 codes suivants (de 0 à 9 plus un code T) :

- 0 : élément ponctuel,
- 1 : liaison droite,
- 2 : liaison courbe,
- 3 : cassure angulaire,
- 4 : début ligne fermée,
- 5 : point intermédiaire d'un arc de cercle,
- 6 : fin de ligne droite,
- 7 : fin de ligne en courbe,
- 8 : orientation des symboles suivant l'axe Ox,
- 9 : orientation des symboles selon l'axe Oy,
- T : Insertion d'un texte pour mémo à l'emplacement du point saisi.

III.1.3 Représentation

Ces deux brides de codes s'assemblent pour ne former qu'un seul code. Nous le voyons ci-dessous avec un exemple de code pour un trottoir avec différentes géométries.

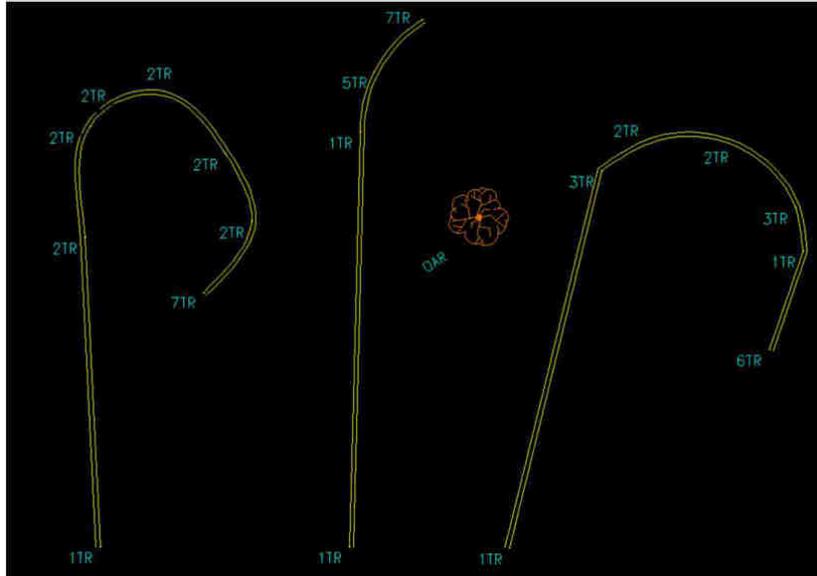


Figure 13 : exemple de codification (source interne)

Dans Polaris, un dossier GENER, équivalent au « .dwt » sous AutoCAD, contenant des fichiers binaires « .bin », constitue les gabarits de représentation de chaque code. Ceux-ci définissent notamment sa couleur, son style de trait, son symbole et son échelle. Une ligne d'axe sera en pointillé alors qu'une ligne de trottoir sera en trait plein.

Nous pouvons également insérer un élément texte (le code T suivi d'une chaîne de caractères) en guise de nota soit pour se souvenir du terrain au moment du report, soit pour désigner un élément particulier.

Chaque échelle de restitution est définie par son propre gabarit dans lequel on trouve une adaptation de l'échelle des symboles.

L'outil DynaCode permet de transposer le métier de géomètre terrain au bureau. Le dessinateur va sélectionner des points directement sur le nuage par l'intermédiaire de l'application et ainsi pouvoir lui attribuer un code point et pouvant être générée sous Polaris.

III.2 Solution DynaCode / DynaTablette

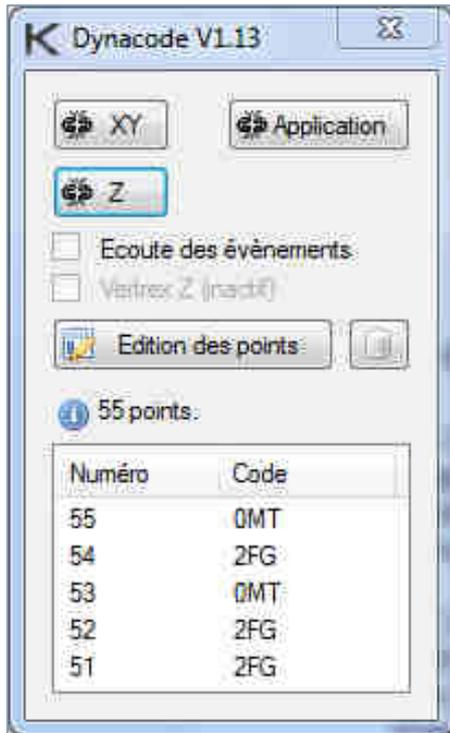


Figure 14 : Interface de l'application

Un gestionnaire de licence a été mis en place afin de gérer le nombre et le temps de disposition des licences. Lors de la première utilisation, un numéro de série ainsi qu'une clé devront être indiqués.

III.2.1 Connexion

Une unique interface permet d'utiliser les deux modes DynaCode et DynaTablette :

- DynaCode ouvre une boîte de dialogue permettant d'enregistrer un code terrain au point.
- DynaTablette permet de créer un lien avec un logiciel de D.A.O. (MicroStation / PowerDraft ou AutoCAD).

Les étapes de connexion sont les suivantes :

- lien avec les coordonnées X, Y et Z d'ArcGIS

La première étape consiste à lier les coordonnées du logiciel utilisé (ArcGIS). Les coordonnées planimétriques sont liées par un simple clic sur le bouton XY maintenu jusqu'à l'endroit où elles sont affichées dans ArcGIS. La même manipulation est à effectuer pour la coordonnée Z.

- lien avec le logiciel de D.A.O.

Nous lions le logiciel de D.A.O. par un clic gauche sur le bouton Application maintenu jusqu'à la fenêtre du logiciel. Une boîte de dialogue va s'ouvrir avec le nom du processus lié.

III.2.2 Utilisation

L'« Écoute des évènements » permet de pouvoir extraire un point. Nous nous déplaçons avec la souris dans le nuage de points sous ArcGIS et dès que nous voulons sélectionner un point, un appui sur la barre d'espace déclenche l'ouverture d'une fenêtre. Celle-ci affiche les coordonnées X, Y, et Z du point ainsi qu'un champ de saisie où nous devons ajouter le code en mode DynaCode.

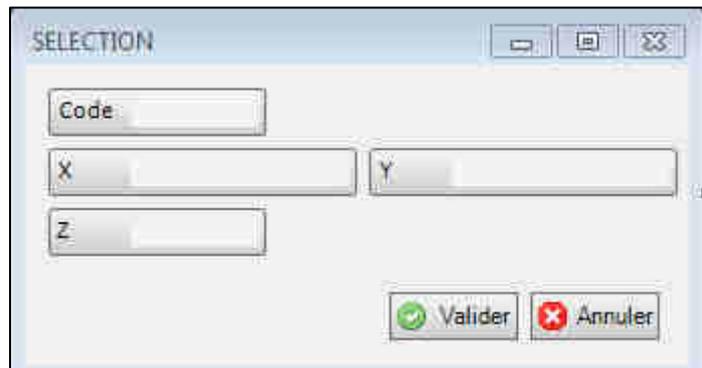


Figure 15 : Fenêtre Sélection

En mode DynaTablette, les coordonnées 3D seront injectées directement dans le logiciel de D.A.O. L'application enregistre un listing de points de sauvegarde.

Le bouton « Edition des points » permet d'afficher les différents points enregistrés sous forme de tableau dans une fenêtre (figure 16). En dessous figure le nombre de points déjà enregistrés.

La CheckBox « Vertrex Z » permet de sélectionner une altitude différente du point sélectionné. (Cas d'un arbre : on sélectionne le centre du tronc en XY et l'altitude sur un point de terrain naturel valide). Le bouton avec l'image du cylindre permet la suppression de tous les points. Enfin, une liste affiche les cinq derniers points enregistrés avec leur numéro et code.

III.2.3 Visualisation des points et export

Dans cette fenêtre générée par le bouton « Edition des points », il est possible de modifier un point ou de le supprimer. Les points sont stockés dans un fichier « .xml » se trouvant dans la racine du dossier DynaTab ce qui permet une sauvegarde en cas de bug.

Les points sont exportés dans un fichier texte en cliquant sur « Ouvrir le carnet » ou exporter en dans d'autres formats qui sont « .est » et « .tst » par l'appui du bouton « Générer EST » et « .shp » par l'appui du dernier bouton.

Numéro	X	Y	Z	Code
55	582691.421	252955.009	193.596	DMT
54	582656.753	252955.934	192.585	2FG
53	582656.928	252956.785	192.220	DMT
52	582625.172	252942.860	189.242	2FG
51	582614.345	252937.595	187.878	2FG
50	582606.061	252940.330	186.600	2FG
49	582600.889	252946.052	187.343	2FG
48	582592.088	252958.775	188.893	2FG
47	582577.974	252974.347	193.172	2FG
46	582561.413	252988.060	197.822	2FG
45	582541.440	252989.370	205.358	2FG
44	582512.801	252984.798	212.939	2FG
43	582491.349	252998.409	216.459	2FG
42	582479.857	253031.921	227.560	2FG
41	582463.668	253043.449	232.033	2FG
40	582444.373	252969.291	218.533	DMT
39	582428.478	252966.074	223.215	DPN

Figure 16 : Fenêtre Listing des points

Le shapefile permet la visualisation au fur et à mesure de la sélection dans ArcGIS. Les lignes et différents points sont alors visibles dans ArcGIS. Le fichier EST permet d'importer les points dans Polaris avec la génération automatique des lignes.

III.3 Problématique de l'entreprise

Le développement de l'application permet de produire des plans appréciés par les clients. Cependant, le temps de saisie, actuellement, correspond au temps de levé sur le terrain. Certains logiciels existent sur le marché et nous allons voir leurs avantages et inconvénients par rapport aux besoins de l'entreprise. DynaCode / DynaTablette permet une liaison plus facile mais ne remplace pas la structure logicielle complexe existante.

III.3.1 Tests d'un logiciel existant : TopoDOT

TopoDOT est un logiciel « patch » fonctionnant avec MicroStation. Toute sa gestion est effectuée à partir de coupe du nuage. Cette fonction s'appelle « Cross-section by points » et permet d'effectuer cette coupe en donnant un segment de base et une épaisseur. La fonction « Cross-section by ACS » permet de décaler celle-ci à une distance donnée. Nous pouvons alors visualiser successivement les différentes coupes. Ce choix judicieux permet de saisir du linéaire. Par exemple, nous sélectionnons les points de haut et bas de trottoirs, caniveaux et axe de voie sur la même coupe. Sur la suivante, ces points figureront dans la même configuration géométrique. L'utilisateur n'a qu'à les déplacer.

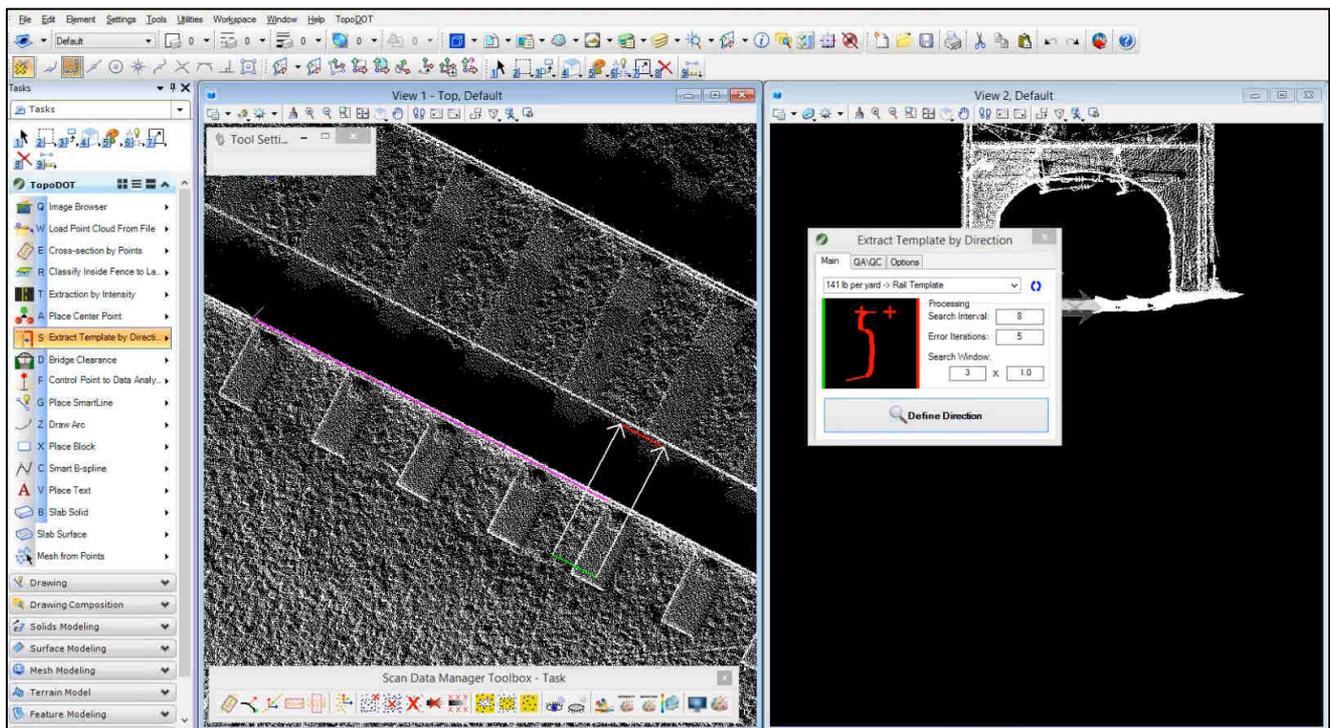


Figure 17 : Aperçu de la fonction d'extraction sous TopoDOT / MicroStation V8

Des photographies aériennes peuvent être importées depuis TopoDOT et sont géoréférencées et disponibles hors connexion. Elles permettent d'avoir un premier fond de plan. Une street view peut être ouverte et permet de visualiser l'environnement mais elle nécessite une connexion internet.

Des fonctions de détection semi-automatiques ont été développées :

- extraction de ligne de marquage au sol et de passage piéton,
- extraction de files de rail,
- extraction de pont ou tunnel,
- extraction de lignes électriques.

Cette solution logicielle qui permet de visualiser un nuage de points et permet d'en faire la restitution n'est pas viable économiquement puisqu'elle nécessite l'achat de deux licences (MicroStation et TopoDOT). De plus, elle ne permet pas d'effectuer tous les livrables pour les différents types de marchés de l'entreprise.

Après plusieurs échanges auprès de la société Euclideon et leur revendeur français Geovast, je n'ai jamais reçu de licence d'essai pour tester leurs logiciels.

III.3.2 Problématique logicielle

La structure logicielle est complexe. Il faut en changer et les maîtriser. Ceux-ci rendent la production chronophage. 150 kilomètres linéaires par jour sont relevés. Le Pegasus peut, d'après la brochure de *Leica*, en une journée d'acquisition de 8 heures, à 40 km/h, relever 310 kilomètres de voie. Ces informations rejoignent les statistiques effectuées par Christophe DUPRE dans son mémoire : « Après la réalisation de plusieurs phases tests, nous avons pu tirer les statistiques suivantes : en considérant une vitesse moyenne de 30 km/h, une journée d'acquisition de 8 heures sans redondance de données (pas de passages multiples) et un pas d'acquisition de 3 m pour les images nous obtenons 240 kilomètres de voies relevées par jour. ». Dans l'état actuel des demandes clients, il est impossible de pouvoir traiter un volume de données acquit au moyen d'un M.M.S. qui ferait de l'acquisition tous les jours.

Le nombre de logiciels, qui sont tous payants, engendre un coût important pour chaque poste de production. Certains logiciels ne servent qu'à une fonction pour pallier les manques d'un autre. Le prix d'une licence n'est alors pas justifié. De plus, ces logiciels doivent être mis à jour régulièrement et entraînent un coût de mise à jour. Au vu de la taille de l'entreprise, ces dépenses impactent directement sur le prix de vente d'un dossier. Dans ce marché à concurrence, les prix de vente ont tendance à être tirés vers le bas. La marge effectuée est donc moindre et certains marchés peuvent être déficitaires.

Par ailleurs, la majorité des développeurs et des solutions logicielles utilisent leur propre format de fichier parfois propriétaire.

Logiciels	Import	Export
Polaris	ASCII, TIS, DWG, DXF, EST, TIS	TIS, EST, DXF, DWG, KML
AutoCAD	DXF, DWG, DGN	DXF, DWG, DGN
3DReshaper	E57, XYZ, PTS, ASCII	LAS, ASCII, PTS
ArcGIS	SHP, TAB, DXF, DGN, DBF, MDB, CSV, MIF	SHP, GDB, DXF, LYR

Tableau 2 : Récapitulatif des formats d'import / export logiciels pouvant être utilisés par l'entreprise

Les échanges sont de ce fait assez complexes et nécessitent la mise en place de table de concordance.

Pour les chantiers ferroviaires., certaines informations se retrouvent dans plusieurs livrables. De plus, la définition du point d'attache étant différente, une ressaisie est nécessaire. Cette multiplication d'opérations manuelles est source d'erreur et chronophage. Une automatisation de certains processus est donc nécessaire.

III.3.3 Développer son propre logiciel : Virtual Surveying

Devant la complexité et le temps perdu avec la structure logicielle, 3DSI souhaite implémenter des fonctions dans l'application dans le but qu'elle devienne un logiciel à part entière nommé « Virtual Surveying ». La création d'un logiciel permet de posséder un outil entièrement adapté à ses besoins.

Sur les logiciels du marché, il existe beaucoup de fonctions qui permettent de toucher un maximum de secteurs et une meilleure vente. Or, tous ces outils ne sont pas forcément nécessaires à l'entreprise. 3DSI souhaite adapter les outils à ses besoins.

Les fonctions sont réfléchies avec les difficultés rencontrées par l'équipe de production. Elles pourront évoluer avec l'entreprise et avec les besoins clients. L'obtention de futurs marchés demandera de nouvelles fonctions ou un remaniement des fonctions existantes.

Prenons le cas d'un levé S.N.C.F., le temps de réalisation (levé / reporté) est d'un kilomètre par jour dans des zones peu denses pour un technicien en levé traditionnel. Aujourd'hui, un utilisateur qui saisit les données du scanner dynamique met autant de temps à cause de la structure logicielle actuelle. L'objectif de développer ce logiciel est donc de diminuer ce temps par deux. L'automatisation qui peut être effectuée sur certains processus permettra un gain de temps et de précision.

Enfin, faciliter la structure (en réduisant le nombre de logiciels) permettra une économie de mises à jour mais aussi une meilleure prise en main par les utilisateurs et donc une production plus rapide et efficace.

Le coût de réalisation d'un tel projet est élevé mais c'est un investissement à long terme pour une économie future certaine. La maintenance sera une modification du code source par l'équipe de développeurs.

IV. Fonctions Développées

La première étape a été de prendre en main un langage de programmation imposé et totalement inconnu : le C#. Il m'a fallu suivre des tutoriels sur internet et lire un livre pour découvrir cette programmation orientée objet.

Une fois quelques notions acquises, le code de l'application DynaCode / DynaTablette m'a permis de découvrir ce langage sur un exemple concret. Néanmoins, quelques jours ont été nécessaires pour la compréhension d'une partie des quelques 2000 lignes de codes.

Les fonctions définies et les calculs théoriques rédigés, le début de la programmation pouvait commencer. Pour celle-ci, l'utilisation d'un logiciel était nécessaire. C'est ainsi que la création d'une première interface de calcul d'axe s'est effectuée sur Visual Studio qu'il a fallu lui aussi prendre en main. Il gère plusieurs langages de programmation parmi lesquels Visual Basic, F#, C++, SQL Server, Python, Javascript et enfin le C#. Le logiciel fournit une assistance à la saisie des fonctions le rendant relativement simple d'utilisation nommé IntelliSense.

En langage de programmation orientée objet et sur Visual Studio, il est possible d'utiliser plusieurs documents pour créer une fenêtre graphique :

- la partie graphique où nous créons le design de l'application par l'ajout de contrôles en choisissant tous les paramètres graphiques (type, nom, couleur, taille, alignement, ...),
- le code associé à la partie graphique qui est généré automatiquement par le logiciel et qui permettra la création de l'application lors du lancement du code,
- le code que nous écrivons et qui gère les événements associées à chaque contrôle (fonctions réalisées lors d'un clic de la souris par exemple).

Il faut ensuite gérer les échanges entre les différentes fenêtres ainsi que les ordres d'affichage. L'annexe 3 récapitule les différentes fenêtres nécessaires et leur structure. L'étape finale était l'optimisation de certains calculs parfois non viables en temps.

Les fonctionnalités développées seront orientées report ferroviaire. Quelques fonctions ajoutées à l'application DynaCode / DynaTablette permettront de gagner du temps dans la production et faciliteront le travail du technicien. Afin de faciliter les échanges et stocker un certain nombre d'informations, une gestion en base de données est nécessaire. Pour ce faire, une réflexion sur la structure à adopter a été nécessaire afin d'optimiser les informations à stocker et permettre également les développements de fonctionnalités futures.

IV.1 Réflexion en base de données

La B.D.D. permettra de stocker des informations liées aux points. Nous aurons la possibilité aussi bien de créer les livrables « .dwg », à l'aide des codes dans Polaris, que les livrables sous forme de tableaux qui seront extraits directement de la B.D.D. L'automatisation de création de ses livrables permettra un gain de temps. De plus, une base de données est lisible par un logiciel de S.I.G.

Plusieurs bases de données existent :

- Sql Express : besoin cependant de l'installation sur le poste de SqlServer Express,
- Sqlite : ne nécessite pas d'installation et possède de bons retours sur les forums,
- Sql Compact : Les drivers sont différents entre les bases en version 3.5 et supérieures à 4.0.

Le choix de l'entreprise est la gestion de ce logiciel en base de données Microsoft Access « .mdb » (Microsoft DataBase) car tous les postes sont munis du pack Microsoft Office.

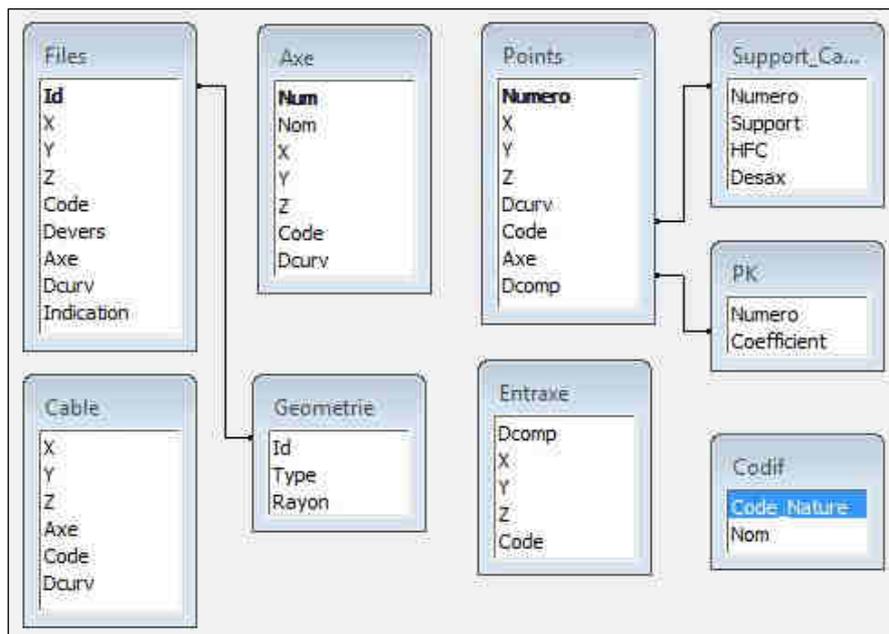


Figure 18 : schéma des tables de la B.D.D.

Pour utiliser une base de données Access dans un programme C#, l'utilisation de requêtes SQL est nécessaire.

Lors de l'ouverture du logiciel, l'ajout d'une fenêtre demandant à l'utilisateur s'il travaille sur un nouveau dossier ou sur une base de données existante est nécessaire. Pour un nouveau dossier, celui-ci entre le numéro de dossier et la structure de la B.D.D. est automatiquement générée, dans un répertoire fixe du poste, en incrémentant le numéro si le fichier existe déjà. Si l'utilisateur travaille sur une B.D.D. existante, le logiciel ouvre la connexion vers celle-ci.

IV.2 Gestion des codes

Actuellement, la saisie des points se fait principalement par attribution d'un code à un point saisi. Toutefois, la table de codification de l'entreprise est dense et complexe à acquérir pour un novice. La version papier de la table est souvent à portée de main de l'utilisateur. L'idée du présent développement est de simplifier l'utilisation de cette table par une palette de boutons.

Pour rappels, les manipulations à réaliser sont :

- choix d'un point à extraire dans le nuage visualisé avec ArcGIS, puis pression sur la touche espace pour extraire les coordonnées. Une fenêtre s'ouvre et l'utilisateur où les coordonnées sont renseignées.
- l'utilisateur doit renseigner le code associé au point. Il compose un code avec un préfixe « liaison » et un suffixe « nature » pour définir l'élément.

Pour simplifier l'utilisation des codes, une unique table « Codification » est créée en amont dans une base de données nommée « BDD.mdb ». La table stocke l'ensemble des éléments de la table de codification. Cette B.D.D. est stocké dans un répertoire précis. Lors d'un nouveau dossier, cette B.D.D. est copiée et renommée avec le nom du dossier et les toutes les autres tables sont créées.

La table est composée de deux champs : un champ *Code_Nature* où sera stocké l'ensemble des codes de nature avec leur correspondance dans le champ *Nom*.

Exemple :

Table Codification	
Code_Nature	Nom
CAT	Caténaire

Table 1 : Codification

IV.2.1 Code de nature

Dans la première partie, nous avons passé en revue les différents types de marchés de l'entreprise. Une palette de boutons sera créée pour chacun dans une autre fenêtre. Elle sera affichée à l'aide d'un menu comme nous montre la figure ci-contre.



Figure 19 : Menus permettant l'affichage des palettes

Elle sera composée uniquement d'éléments nécessaires au report associé. Prenons l'exemple de la palette de boutons Regevoie pour la S.N.C.F. qui nous intéresse :

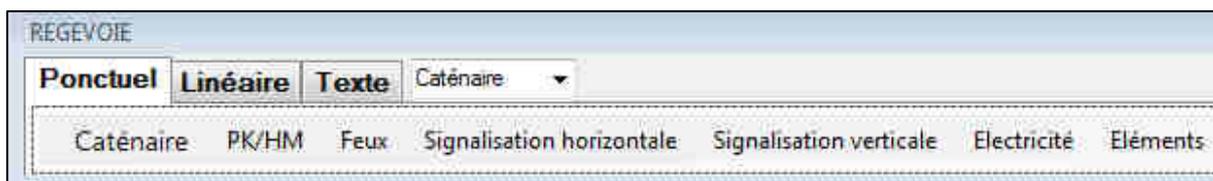


Figure 20 : Palette Regevoie

Elle est composée de trois onglets : Ponctuel, Linéaire et Texte. Ils permettent une sélection plus facile. L'opérateur identifie s'il est devant un objet ponctuel ou linéaire. Il sélectionne alors l'onglet puis clique sur le menu correspondant.

Chaque menu porte un nom explicite que l'on retrouve dans la table « Codification ». Lors de ce clic, le nom du menu est comparé à la table de référence afin d'en extraire le « Code_Nature » correspondant qui est renvoyé. Certains menus peuvent avoir des sous-menus comme par exemple pour le menu « Signalisation horizontale ».

Méthode 1 : Création des différents menus et sous-menus dans la partie graphique en ajoutant leur nom manuellement.

Problématique : Si un nouveau code est créé, l'utilisateur devra modifier le code source pour ajouter le nom correspondant dans un sous-menu.

Méthode 2 : Génération automatique du menu par lecture de la table codification
Lorsque que nous souhaitons ajouter un nouvel élément, l'utilisateur ajoute une ligne à la table codification de la base de données avec le code et le nom du menu / sous-menu.

Table 2 : Codification modifiée

Repere	Code_Nature	Nom
1PAB	CAT	Caténaire

Chaque élément sera repéré par un repère :

- "1" : Numéro de la palette d'outils (1 pour Regevoie, 2 pour une autre palette),
- "P" : Type d'onglet (P : Ponctuel, L : Linéaire),
- "A" : Numéro du menu (A : 1^{er} menu, B : 2^{ème} menu...),
- "B" : Numéro du sous-menu (A : 1^{er} sous-menu, B : 2^{ème} sous-menu...).

Lors de l'ouverture de la palette, les menus vont se générer automatiquement d'après la table codification permettant l'ajout d'un élément sans l'aide d'un développeur. Les opérations précédentes permettent de renseigner la nature du point.

Il manque cependant le type de géométrie. La validation du point déclenche alors l'ouverture de la fenêtre « Code liaison ».

IV.2.2 Code de liaison

Pour un objet de l'onglet ponctuel, le préfixe "0" sera automatiquement attribué. Pour un objet de l'onglet linéaire, l'opérateur doit sélectionner la géométrie. Pour cela sept numéros sont à disposition comme nous avons vu dans la partie précédente.

A l'appui d'un bouton de la palette, la fenêtre ci-contre s'affichera pour demander à l'utilisateur quel type de géométrie est associé à ce point. L'appuie sur le bouton « 2 Début de courbe » retournera le numéro 2 et fermera la fenêtre.

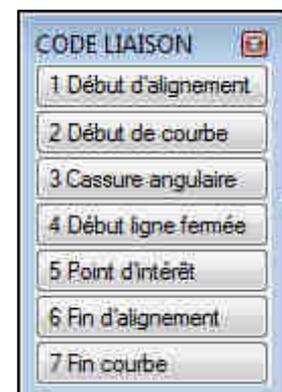


Figure 21 : Code Liaison

IV.2.3 Extraction du code

Nous avons à disposition la palette de boutons ou menus, la fenêtre code de liaison et la table « Codification ». Lorsque l'utilisateur appuiera sur la touche espace, la fenêtre de sélection s'ouvrira avec les coordonnées extraites. Au lieu de renseigner le code manuellement, il ira cliquer en premier sur le bouton de la palette.

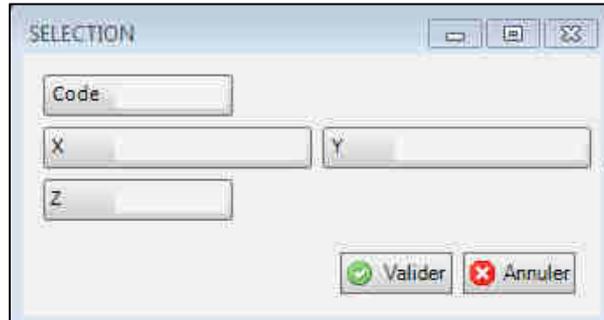


Figure 22 : Fenêtre de sélection

Cette fonction d'extraction de coordonnées a été réutilisée de l'application DynaCode / DynaTablette. Dans l'idée de base, le code extrait de la palette devait être renseigné dans le champ « Code ». Néanmoins, les contrôles utilisés ont été créés par les développeurs et ne sont pas facilement configurables par leur niveau de protection. En effet, après plusieurs essais, nous ne pouvons pas ajouter des données dans le champ « Code » depuis une autre fenêtre que la fenêtre principale mais seulement extraire les coordonnées X, Y et Z.

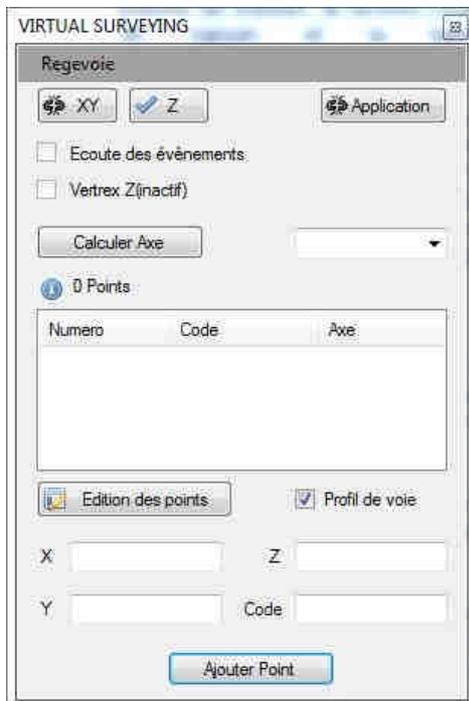


Figure 23 : Fenêtre principale

C'est pourquoi le procédé a été modifié. Lors de l'appui sur la touche espace, la fenêtre de sélection apparaît et disparaît instantanément. Les coordonnées sont récupérées juste avant sa fermeture et ajoutées dans l'interface ci-contre.

Le code de la palette sera ajouté dans le champ « Code ». Ce champ ne sera jamais effacé ce qui permet de saisir le code avant ou après l'extraction ou de pouvoir sélectionner plusieurs points de même code.

La validation du point par l'appui du bouton « Ajouter Point » enregistre le point dans une table nommée « Points » où seront spécifiés les coordonnées du point, son code et l'axe courant. Ce dernier est affiché dans la liste déroulante à côté du bouton « Calculer Axe ». Les champs X, Y et Z seront effacés ensuite.

L'annexe 4 récapitule les éléments de cette fenêtre et leur fonction.

Exemple : L'utilisateur clique sur le bouton « Bordure quai ». Le code BQ est stocké en mémoire. La fenêtre Code de liaison s'ouvre. Il sélectionne « 1 Début d'alignement ». Le champ Code se remplira avec « 1BQ ». Il appuie sur la touche espace pour récupérer les coordonnées du point. Les champs X, Y et Z se rempliront. Enfin, il clique sur « Ajouter Point » et la base de données se met à jour :

Table : Points							
Numero	X	Y	Z	Code	Axe	Dcurv	Dcomp
1	462 014	6 456 751	349	1BQ	Axe1		

Table 3 : Points

Maintenant que l'interface est simplifiée au niveau du code, nous souhaitons déterminer la position d'un point sur le plan par rapport aux autres pour programmer certaines automatisations. Pour cela, nous allons procéder à un calcul d'axe.

IV.3 Calcul d'un axe

Lorsqu'un nuage de points est prêt pour la production, la première étape est l'extraction automatique des polygones 3D de files de rail via le logiciel 3D Reshaper avec un pas métrique. Toutefois, en milieu ferroviaire, tout comme en milieu routier, le calcul d'un axe de référence par voie est nécessaire. Il se définit comme étant la moyenne 3D des polygones de files de rail gauche et droite. Les points gauche et droite se trouvant alors face à face, la manipulation à réaliser est relativement simple.

IV.3.1 Contrôle des fichiers ASCII

Polaris permet de créer un listing ASCII (Matricule X Y Z) pour chaque polygone. La première étape est la lecture des coordonnées points de files gauche et droite et le contrôle de l'extraction automatique. Différents contrôles sont réalisés :

- contrôler le même nombre de points entre les deux polygones,
- contrôler l'écartement des rails (1,50 mètres) entre les points gauche et droite,
- contrôler la cohérence du dévers (altitude du point de file droite moins celle du point gauche) par rapport au couple précédent avec une certaine tolérance,
- contrôler la pente maximale avec le couple précédent avec une certaine tolérance.

Un message d'erreur compréhensible est renvoyé à l'utilisateur, via un listing, en cas de contrôle hors tolérance avec le numéro du couple de points pour identifier une erreur éventuelle lors de l'extraction du fait de masques (ou platelage sur P.N.), de bruits de mesures ou d'une modification involontaire du fichier ASCII :

- "Écartement de ... m aux points n°...",
- "Différence de dévers hors tolérance entre le couple n°... et n°...",
- "Différence de pente hors tolérance entre le couple n°... et n°...".

Si tous ces contrôles sont justes, nous enregistrons tous les points de files de rail dans une table propre avec :

- les coordonnées du point,
- son code pour file gauche ou pour file droite,
- son dévers (identique pour un couple de point),
- le nom de l'axe entré par l'utilisateur.

Table : Files							
X	Y	Z	Code	Devers	Axe	Dcurv	Indication

Table 4 : Files

Dans le cadre de chantier ferroviaire, trois profils en long sont demandés dont celui de la file de rail droite, de la file de rail gauche et de la file basse. La file basse correspond à la ligne passant par le point le plus bas en altitude entre les points gauche et droite qui est analysé avec la valeur du dévers. Pour le point le plus bas est indiqué « basse » dans le champ *Indication*.

Les tolérances appliquées permettent de vérifier la cohérence des points de files de rails extraits avec 3D Reshaper. Elles sont ajustables en fonctions des tolérances chantiers définies dans le C.D.C.

IV.3.2 Calcul des points d'axe automatique

Les points d'axe sont calculés par la moyenne en 3D des coordonnées du point de file gauche et celui de file droite.

Ceux-ci seront insérés dans une table « Axe » dans laquelle nous trouverons :

- le nom de l'axe inséré,
- les coordonnées du point d'axe,
- le code défini pour un axe,
- la distance curviligne du point par rapport au début de l'axe que nous verrons dans la sous-partie suivante.

Table : Axe					
Nom	X	Y	Z	Code	Dcurv

Table 5 : Axe

Quelque soit le type de chantier linéaire, un axe est défini. Une liste déroulante permettra donc de gérer différents axes trouvés dans cette table comme vu précédemment. L'utilisateur pourra ainsi sélectionner l'axe courant sur lequel il travaille.

IV.3.3 Calcul de la distance curviligne

Pour chaque point d'axe, une distance curviligne sera calculée. Elle permettra de positionner tout élément par rapport à celui-ci. A la vue de l'écartement des points lors de la segmentation, nous pouvons considérer que la distance curviligne est égale à la distance cumulée. Pour un rayon de sept mètres, nous avons un écart d'un millimètre entre la distance curviligne et cumulée. Or, pour les courbes ferroviaires, le rayon est supérieur à cinq cents mètres ce qui nous donne un écart inférieur au micron (Annexe 5).

La distance curviligne d'un point d'axe B n'est autre que la distance curviligne d'un point A précédent additionnée de la distance [AB]. La distance entre deux points d'axe représente 0,90 mètre environ. Elle sera renseignée dans le champ *Dcurv* de la table « Axe ».

IV.3.4 Calcul de l'intérieur du rail

En fonction des métiers du monde ferroviaire (caténariste, régénération de voie), le point caractéristique à relever sur un rail peut varier. Initialement, le point attendu en milieu ferroviaire est le point intérieur du rail.

Historiquement, l'écartement inter-rails (1,435 m) viendrait de l'écartement des chariots à l'époque de la grande Rome. À force du trafic, les chariots creusaient des ornières dans les routes dallées. Pour éviter de futurs dommages, Jules César aurait imposé une norme d'écartement des roues de 1435 millimètres.

(source : <http://axiomcafe.fr>)

En pratique, ce point est facile à déterminer au moyen d'un adaptateur sur le pied de canne. Sur le nuage de points, cette opération est plus complexe à réaliser car les changements de nature de rail sont difficilement identifiables.

Par ailleurs, l'algorithme d'extraction des rails en automatique ne permet d'extraire que l'axe de ces derniers. Afin de fournir un livrable toutefois cohérent, un calcul mathématique permet de calculer ces deux points (en rouge sur le schéma ci-dessous).

La distance, entre les points bleu et rouge, nous est renseignée par la S.N.C.F. en fonction de la nature du rail sur la voie courante.

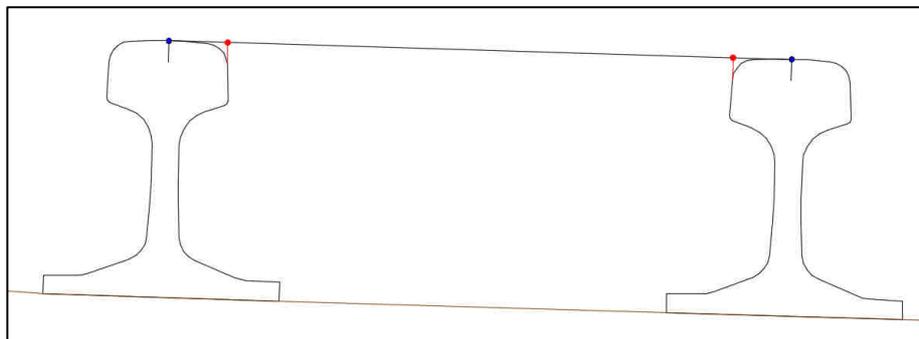


Figure 24 : Schéma des files de rail intérieures

Avec la direction (segment entre les deux points bleu) et la distance, il est possible de déterminer ces deux points. Ces points seront ajoutés dans la table files avec un code différent pour les distinguer.

IV.4 Optimisation du processus de calcul d'axe

L'objectif de cette fonction est le point d'origine de tous dossiers ferroviaires relevés au scanner laser dynamique. Lors de l'ouverture du logiciel, l'utilisateur va démarrer la fonction de calcul d'axe qui servira de base pour les autres fonctions développées ci-après. C'est pourquoi le temps de calcul doit être pris en compte.

L'interface ci-contre permet de calculer l'axe. Il suffit d'aller sélectionner les deux fichiers ASCII, de donner un nom à l'axe, une valeur d'origine de distance curviligne ainsi que différentes valeurs de tolérance.

Comme les polygones de rail intérieures ne sont pas demandées à chaque dossier, leur calcul est en option. La distance de décalage est à renseigner par l'utilisateur.

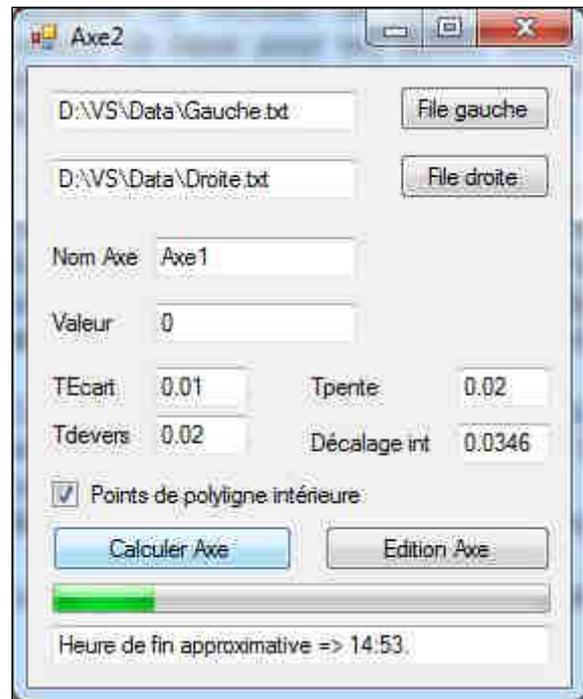


Figure 25 : Fenêtre de calcul d'axe

Enfin, si un utilisateur s'est trompé dans l'ajout des fichiers de files de rail, l'édition d'axe permet de visualiser ou de supprimer l'ensemble des tables « Axe » et « Files ». Le fonctionnement de la fenêtre est détaillé en Annexe 6.

IV.4.1 Méthode 1

Les coordonnées des points sont stockées dans une « DataTable ». Les contrôles sont effectués directement depuis la mémoire. À chaque fois que les contrôles sont corrects, le point d'axe est calculé. Les points de files de rail et le point d'axe sont ensuite stockés dans la base de données.

Une fois tous les points stockés, la distance curviligne de chaque point de files de rails est calculée et chaque ligne de la base de donnée est mise à jour. Après plusieurs tests sur 26 000 points dans chaque fichier ASCII soit 25 km de voie unique, plusieurs points négatifs subsistent sur cette méthode :

- si un contrôle au milieu du calcul est hors tolérance, l'utilisateur n'est prévenu que deux heures après,
- la mise à jour des distances curvilignes des files de rails est trop longue,
- temps de calcul : 5 heures.

Lors des tests, un problème de décalage a été rencontré. Le couple de points gauche / droite était aligné à l'origine des rails mais se décalait progressivement au fil du temps. C'est pour cela que la distance curviligne des points de files de rail devait être recalculée.

IV.4.2 Méthode 2

La méthode 1 est modifiée. Les points de files de rail sont ajoutés dans la B.D.D. dès la lecture des fichiers ASCII. Les contrôles sont alors effectués sur tous les points de la table « Files ». Toutes les erreurs seront affichées à l'écran dès le début du calcul.

S'il n'y a aucune erreur, pour chaque couple de points :

- lecture du couple de files gauche / droite dans la table « Files »,
- calcul du point d'axe avec sa distance curviligne,
- calcul des files de rail intérieures,
- calcul de la distance curviligne des quatre points de files de rail précédents et mise à jour dans la B.D.D.

Temps de calcul : 3 heures

Le temps de calcul est encore beaucoup trop long. Le calcul de la distance curviligne pour chaque point de files de rail (soit 104 000 pour l'exemple) est trop gourmand en temps car il impose deux boucles imbriquées.

IV.4.3 Méthode 3

En conséquence, la méthode retenue est, s'il n'y a aucune erreur de contrôle :

- lecture du couple de files gauche / droite dans la table « Files »,
- Calcul du point d'axe avec calcul de sa distance curviligne,
- Calcul des files de rail intérieures,
- Mise à jour de la distance curviligne des quatre points de files de rail avec attribution de la distance curviligne de l'axe.

Temps de calcul : 2 minutes

La distance curviligne des files est alors approximative à dix-sept centimètres près vis à vis de la tolérance fixée d'un centimètre (calcul réalisé en Annexe 7). Elle ne servira pas d'appui pour de futurs calculs mais permettra un positionnement approximatif. Le calcul se termine désormais en deux minutes. La structure du programme doit être bien réfléchi.

Pour finir, une barre de progression est ajoutée avec le temps estimatif de fin de calcul pour avertir l'utilisateur. Ce temps est estimé grâce à la réalisation de plusieurs tests sur différentes quantités de données.

IV.5 Actions supplémentaires d'un point saisi

À partir des développements précédents, nous allons pouvoir automatiser certains processus.

Pour repérer un point par rapport aux autres, nous calculons la distance curviligne associée par rapport à l'axe.

IV.5.1 Calcul de la distance curviligne associée à un point

Une fois l'axe calculé avec détermination de la distance curviligne, tous les points saisis pourront être positionnés.

Pour cela, nous comparons les distances d'un point P saisi à chaque point de la table « Axe » (figure 26). Il faut conserver les deux distances les plus courtes aux points N1 et N2. La distance curviligne du point se trouvera entre les distances curvilignes de N1 et N2 (notées Dcurv N1 et Dcurv N2). Deux méthodes permettent de la calculer.

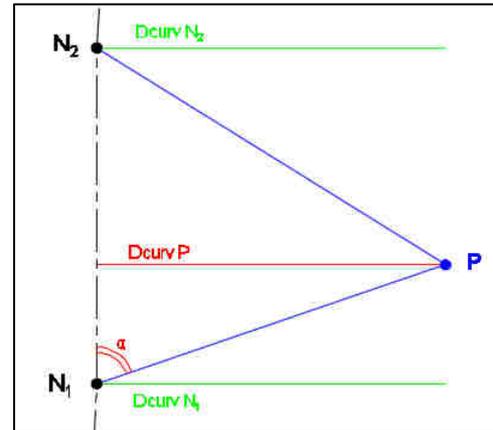


Figure 26 : Schéma représentatif de la distance curviligne

Méthode 1 : Résolution du triangle N1N2P

Formule de trigonométrie	Loi des cosinus
$\cos \alpha = \frac{D_{curv}P - D_{curv}N_1}{PN_1}$	$\cos \alpha = \frac{N_1N_2^2 + N_1P^2 - N_2P^2}{2 \times N_1N_2 \times N_1P}$

Tableau 3 : Formules de résolution de triangle

Par égalité de la formule de trigonométrie et la loi des cosinus (appelée aussi Al-Kashi), nous obtenons la distance curviligne associée au point P suivante :

$$D_{curv}P = D_{curv}N_1 + \frac{N_1N_2^2 + N_1P^2 - N_2P^2}{2 \times N_1N_2}$$

Méthode 2 : Intersection de droites

Droite 1	Droite 2
Point d'origine : N1 Gisement : G_{N1N2}	Point d'origine : P Gisement : $G_{N1N2} + 100$ grades

Tableau 4 : Formules Intersection droite / droite

Nous en déduisons les coordonnées X et Y du point d'intersection P' qui est la projection de P sur la polyligne d'axe. La distance curviligne associée au point P est l'addition de la distance curviligne au niveau du point N1 et de la distance N1P'.

IV.5.2 Profil de voie automatique

La précision de restitution et de saisie des points est à ajuster en fonction de la nature de l'objet. Un rail, un obstacle doit naturellement être plus précis qu'une crête ou un pied de talus. De plus, la saisie d'un rail est longue et fastidieuse. Une automatisation doit donc s'imposer. Les points de rails sont les points les plus précis à saisir et doivent être saisis à l'axe du champignon.

La saisie informatique est fatigante pour l'utilisateur qui travaille avec une souris, des lunettes et un écran 3D. De plus, la concentration n'est pas la même à différents moments de la journée. Il est alors impossible pour un utilisateur de lever un point deux fois au même endroit qu'il fasse une saisie informatique ou un levé sur le terrain. Malgré les contrôles des plans avant livraison, tous les points ne sont pas passés en revue. Afin de minimiser les erreurs et imprécisions de saisie, une certaine automatisation est requise.

Cette automatisation permettra de déterminer mathématiquement ces points par projection sur la polygline de file de rail. Cela permettra d'être plus précis et cohérent sur l'ensemble du linéaire reporté et quelque soit le nombre de dessinateur.

Prenons le cas d'une deux voies, soit 4 files de rails :

Lors de la saisie d'un point hors voie (obstacle, support caténaire), il faut impérativement saisir un point sur chaque file de rail (soit 5 points au total pour l'exemple en figure 27). L'automatisation permettra de ne sélectionner que le point nécessaire à l'opération, soit un gain de temps évident et une meilleure précision relative entre les points, ces derniers étant déterminés automatiquement.

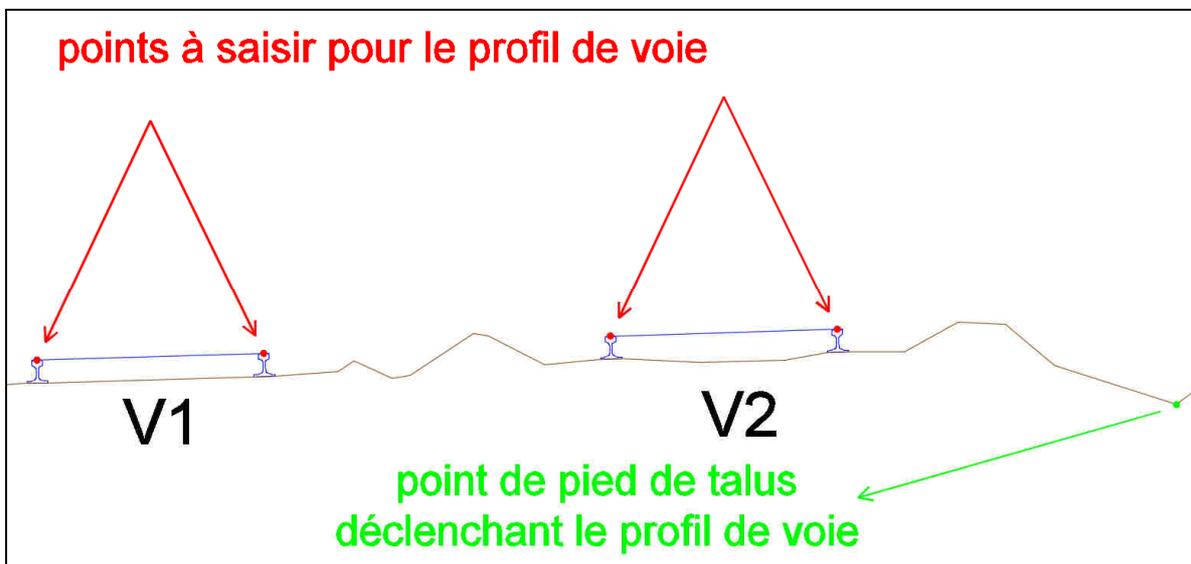


Figure 27 : Profil de voie déclenché par le levé d'un pied de talus

Là encore plusieurs méthodes permettent d'arriver à la projection du point sur les polyglines de files de rail. L'opération est à répéter pour le nombre de rails existant car il peut y avoir plusieurs voies.

Méthode 1 :

Nous avons, grâce à la fonctionnalité précédente, la distance curviligne au niveau de tous les points (le point vert de la figure précédente). Par comparaison de celle-ci dans la table « Files », nous savons entre quels points de même file de rail (A et B) nous allons faire l'interpolation.

Par différence de distance curviligne entre notre point saisi et le point A, nous obtenons la distance de projection. Ensuite, par un calcul de gisement / distance nous obtenons les coordonnées 2D du point projeté. Par interpolation entre l'altitude des points de rail les plus proches, nous calculons la coordonnée Z.

Gisement / Distance
Point d'origine : A
Gisement : G_{AB}
Distance : $D_{curvP} - D_{curvA}$

Tableau 5 : Gisement / Distance

Méthode 2 :

Par la même méthode d'intersection droite-droite précédente (cf. IV.5.1), nous déterminons les coordonnées 2D du point P sur la polyligne de file de rail. Par interpolation, nous calculons la coordonnée Z.

Les points projetés seront insérés dans la table « Files » qui sera composée des files de rail extraites avec 3DReshaper ainsi que de tous les points interpolés. Les points créés se voient attribuer automatiquement les codes rails des voies associés aux différents axes calculés

La première méthode dépend du calcul de distance curviligne. La deuxième méthode a été conservée car elle est indépendante d'un autre calcul. Même si une erreur de distance curviligne survient, la projection sera toujours exacte.

IV.5.3 Calcul des positions kilométriques compensées

La demande est de livrer des données avec des calculs de positions kilométriques compensées. Les voies S.N.C.F. sont repérées tous les kilomètres par des P.K. Or, entre deux P.K. présents sur le terrain, la distance n'est pas d'exactement un kilomètre. Sur chacun est indiquée la distance en kilomètres depuis l'origine de la ligne.

Nous faisons alors une comparaison entre la distance réelle et la distance indiquée sur le panneau pour obtenir un coefficient de compensation. Les distances compensées des points de détails (autre que P.K.) seront calculées à l'aide de ce coefficient. Si le panneau est illisible ou introuvable, l'utilisateur peut ne pas saisir cette information. La distance retenue sera donc la distance curviligne.

IV.6 Affichage et export

Malgré toutes ces automatisations une erreur peut arriver dans la saisie. L'affichage des cinq derniers points extraits de l'application a été conservé.

IV.6.1 Affichage

Lors de la sélection d'un point, la base de données sera mise à jour ainsi que l'affichage. Le premier affichage sur le corps de l'application permettra de visualiser uniquement les cinq derniers points. Un bouton Edition des points permettra la visualisation de l'ensemble des points. L'affichage a dû être entièrement recodé car nous n'utilisons plus de fichier texte mais une B.D.D.

IV.6.2 Modification

A partir de la fenêtre « Edition des points », l'utilisateur peut identifier une erreur de saisie. Il lui suffit de double cliquer sur la ligne à modifier de la liste. L'utilisateur peut alors modifier ces éléments et mettre à jour la B.D.D. Il peut aussi supprimer définitivement ce point. Néanmoins, les points interpolés suite à la saisie de ce point ne seront pas supprimés. Il faudrait alors compléter cette fonctionnalité de suppression. Pour cela, il suffit d'identifier les points avec la même distance curviligne que le point saisi.

IV.6.3 Export

Une fois tous les points sélectionnés, nous pouvons exporter l'ensemble des points en plusieurs types de fichiers :

- EST / TIS,
- TXT,
- SHP.

La fenêtre est détaillée en annexe 8.

La fonction d'export en shapefile était déjà programmée dans l'application DynaCode / DynaTablette. Elle a été réintégrée et réadaptée de manière à pouvoir fonctionner avec les nouvelles procédures.

Afin de pouvoir suivre en détails les temps de saisies réalisées et ainsi affiner au mieux les temps de production nécessaires, un fichier texte, avec le nom du dossier, est généré dès la fermeture du logiciel :

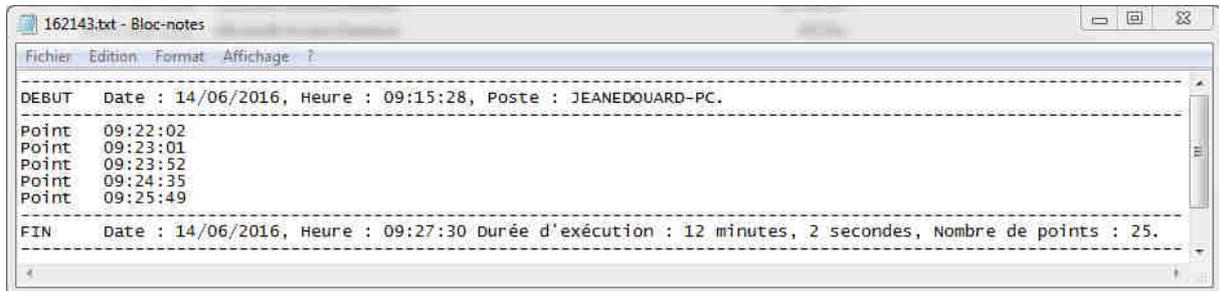


Figure 28 : Fichier d'aide à l'estimation

Il comporte :

- la date et l'heure de l'ouverture du logiciel,
- le poste sur lequel il a été ouvert,
- l'heure des différents points extraits manuellement,
- l'heure de fermeture du logiciel et la durée d'activation,
- le nombre de points total figurant dans la B.D.D. incluant les extractions automatiques.

Si l'utilisateur ouvre à nouveau cette B.D.D., le fichier sera complété avec la même structure. Des statistiques pourront être alors effectuées sur le temps d'extraction des points en fonction du type de dossier permettant ainsi d'affiner les coûts et temps estimatifs de futures offres.

Ces fonctionnalités programmées peuvent, pour certaines, être optimisées. Le calcul pour le contrôle de l'écartement des rails devra être modifié pour un contrôle encore plus pointu.

3DSI possédant d'autres marchés que le marché ferroviaire, d'autres fonctions seront à programmer pour créer un outil adapté à tous les besoins de la société.

V. Définition d'un Cahier des Charges

La société travaillant en partenariat avec une équipe de développeurs, un C.D.C. est nécessaire. Il a pour but d'expliquer les fonctions à réaliser en expliquant les termes spécifiques au métier de géomètre, au milieu ferroviaire et autres. Pour cela, le C.D.C. a été conçu en deux parties : l'une décrit les fonctions à programmer de façon claire sans rentrer dans le détail des calculs, l'autre, plus technique, explique les équations à utiliser. Le logiciel doit rester ouvert et permettre l'intégration de développements open-source. 3DSI possédant plusieurs marchés, des palettes du même type que celle présentée précédemment seront générées et ajoutées au menu.

V.1 Événement d'un point

Nous avons vu précédemment la gestion de l'axe pour les chantiers ferroviaires. Dans les levés effectués au scanner laser dynamique, la trajectoire parcourue est calculée et appelée Pegtracks. Pour les autres chantiers, l'utilisateur pourra choisir d'insérer ce Pegtracks ou choisir de créer une ligne d'axe manuellement.

Le but est de pouvoir interagir dynamiquement entre les points sélectionnés et la base de données. Afin de réaliser cette phase, il faut projeter chaque point sélectionné sur l'axe sur lequel nous travaillons et lui renseigner la distance curviligne. Il sera alors repéré par rapport à l'axe et par rapport aux autres points. Ainsi, nous pourrions utiliser des fonctions comme, par exemple, l'insertion de point dans une ligne.

Pour les chantiers routiers :

De nombreuses reprises sont effectuées, le plus souvent, à cause d'un oubli de sélection d'un point sur la ligne. En effet, DynaCode / DynaTablette ne gère pas l'insertion de point, cela rend donc les phases de saisie et contrôle / reprise chronophage. Par exemple, lors de levé d'un trottoir, un point peut être oublié sur le bateau. L'appréciation de la réalité dans le nuage est différente que sur le terrain notamment pour les personnes qui n'en ont jamais fait. Une fonction devra gérer cette insertion en utilisant la distance curviligne.

Si nous décidons de changer d'axe, toutes les distances curvilignes des points existants dans la base de données seront recalculées. Les points non projetables (hors de l'axe) ne seront pas recalculés.

Ensuite, le linéaire est de part et d'autres de l'axe de la route. Le but est d'attribuer le même code pour une ligne de trottoir à gauche et à droite sans que les lignes se mélangent. Il faut déterminer la position de la ligne (à gauche ou à droite de l'axe) et lui ajouter G ou D à la fin du code.

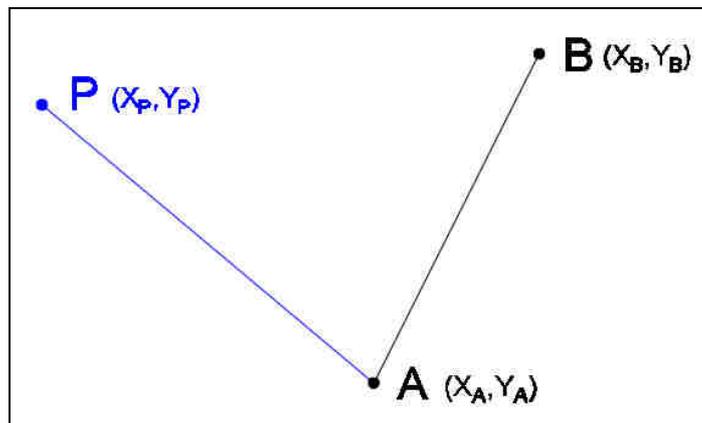


Figure 29 : Schéma de la position d'un point par rapport à une droite

A l'aide de l'analyse du signe d'un produit vectoriel, nous pouvons déterminer si un point se trouve à droite ou à gauche d'une droite.

Si nous calculons le produit vectoriel $\overrightarrow{AP} \wedge \overrightarrow{AB}$ de la figure 29 :

$$S = \overrightarrow{AP} \wedge \overrightarrow{AB} = \begin{pmatrix} X_P - X_A \\ Y_P - Y_A \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \end{pmatrix} = (Y_P - Y_A)(X_B - X_A) - (Y_B - Y_A)(X_P - X_A)$$

Si $S > 0$: P est à gauche de [AB], si $S < 0$: P est à droite de [AB], sinon P est sur [AB].

Néanmoins, plusieurs lignes de même type peuvent se trouver du même côté à la distance curviligne indiquée. L'utilisateur recevra un message d'alerte et devra spécifier sur quelle ligne il travaille ou la distance par rapport à l'axe peut être calculée.

Un problème se pose lors d'un croisement de route. Il faut donc pouvoir continuer la sélection des points tout en changeant d'axe. Nous redéfinissons un axe qui part de la route actuelle et continu sur l'intersection. Tous les points seront reprojétés sur le nouvel axe. Dans le cas où l'axe serait fermé (autour d'un îlot par exemple), le point sera projeté sur la partie de l'axe la plus proche.

Pour les chantiers ferroviaires :

Chaque support caténaire est identifié par un numéro. Une fenêtre devra demander à l'utilisateur ce numéro lors d'une sélection d'un point de support caténaire. Il peut ne pas être visible. Le numéro du support sera renseigné dans une table propre. Si un point de caténaire existe déjà dans un rayon de 30 centimètres autour de ce point, le numéro de support sera automatiquement ajouté pour éviter une erreur de ressaisie.

Deux supports caténares, de part et d'autre de l'axe, qui auraient la même distance curviligne à une tolérance près, déclencheront un profil en travers. Un point sur tous les éléments linéaires sera interpolé (rail, axe, ...).

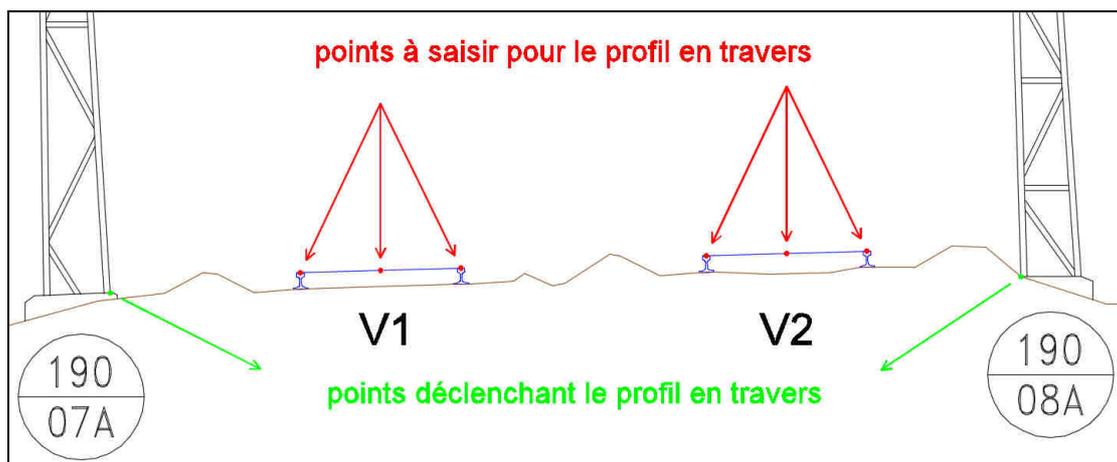


Figure 30 : Profil en travers déclenché par les deux points de support caténaire

La S.N.C.F. souhaite aussi un document qui récapitule la géométrie de la voie. Il faut identifier les points-clés de celle-ci comme les alignements droits (A.L.), les pleines-courbes (P.C.), les raccordements paraboliques (R.P.) et les points d'inflexion (P.I.).

Ces points peuvent être déterminés aussi par analyse du dévers (différence d'altitude entre le rail droit et le rail gauche) :

$$\text{Devers} = Z_{RD} - Z_{RG}$$

- tant que le dévers est nul : c'est un A.L.,
- si le dévers est différent de 0 et augmente ou diminue (courbe à gauche ou droite) : c'est un R.P.,
- si le dévers est différent de 0 et devient constant : c'est une P.C.,
- si le dévers change de signe : c'est un P.I.

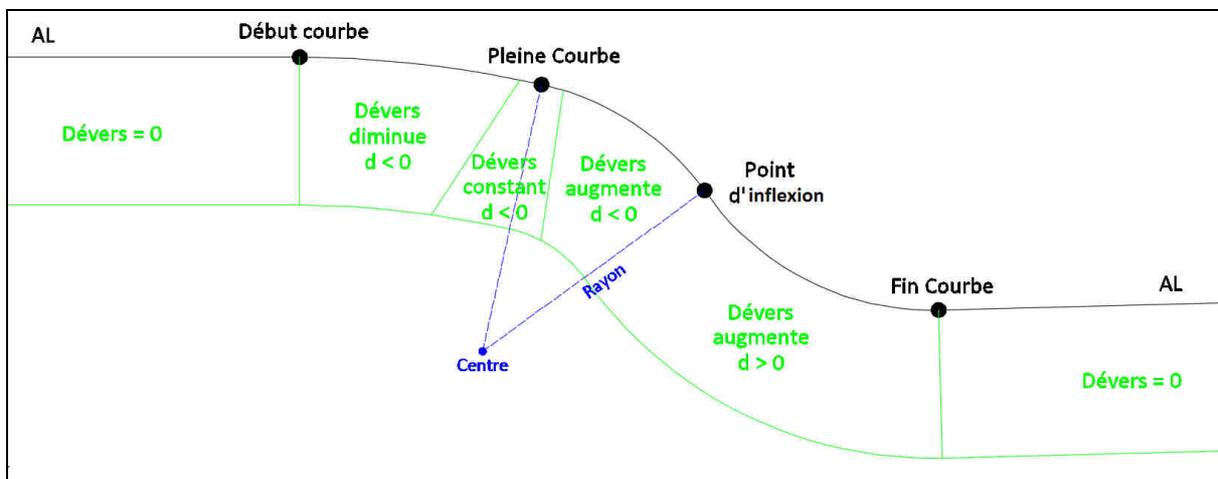


Figure 31 : Exemple d'une géométrie de voie

Une fois les points de géométrie identifiés, nous souhaitons calculer la valeur du rayon. En effet, pour un point de pleine courbe, le rayon est à renseigner. A partir de trois points, il peut être déterminé. Néanmoins, le rayon sera déterminé plusieurs fois sur la courbe et une moyenne sera réalisée.

Prenons pour exemple la figure ci-dessous où nous sectionnons l'arc de cercle en six parts. Nous calculons trois fois le rayon que nous comparons entre eux en s'assurant qu'ils ne dépassent pas une certaine tolérance.

Cela permettra d'assurer la précision tout en ayant un contrôle sur la valeur déterminée.

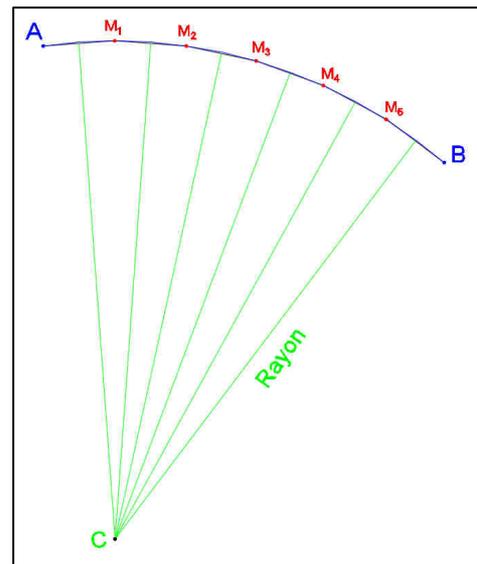


Figure 32 : Représentation géométrique du calcul du rayon du cercle

Ensuite, il faut indiquer l'écartement entre les différentes voies nommé entraxe. Chaque axe est déterminé par une multitude de points espacés métriquement. Il suffit d'interpoler un point tous les vingt mètres sur le premier axe, de les projeter sur le deuxième axe et de calculer la distance entre ces deux points. Les points seront enregistrés dans une table spécifique nommée « Entraxe » qui servira à créer le plan spécifique.

Figure 33 : Coupe d'un support caténaire

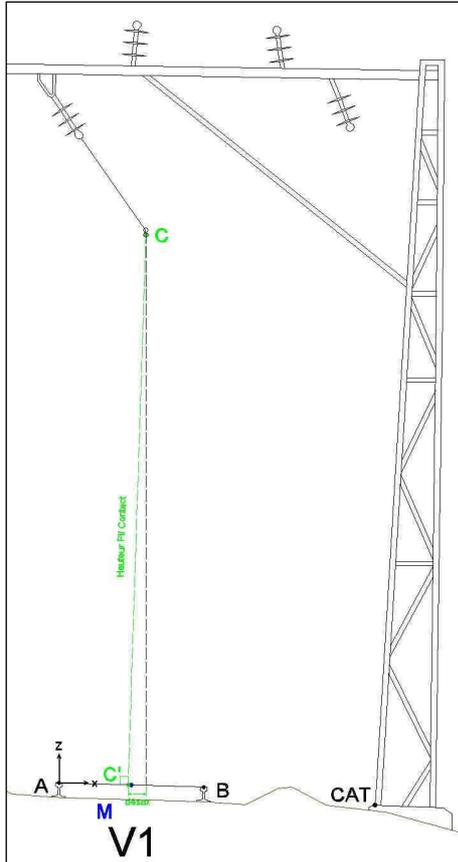
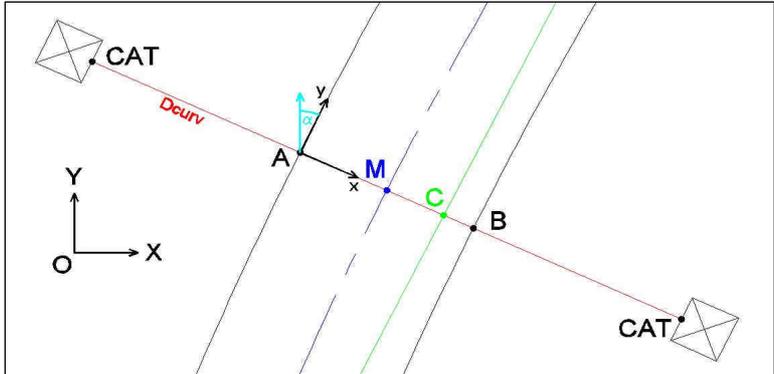


Figure 34 : Plan d'un couple de support caténaire



Dans le cas de réalisation de plan de piquetage, la S.N.C.F. souhaite avoir la projection des câbles caténares sur le plan moyen de roulement. Les points de polygone de câbles caténares sont extraits par 3D Reshaper et seront ajoutés à la table « Caténaire ». Sur un profil de voie donné à une distance curviligne, le P.M.R. est la droite définie par le point de la file gauche et le point de la file droite (les points A et B ci-contre).

Comme sur tous plans, la représentation d'un élément serait à la verticale (comme le pointillé noir sur la coupe). Or, la demande de représentation d'un câble caténaire par la S.N.C.F. est spécifique.

Elle souhaite faire figurer sur le plan Regevoie le point C', projection du câble caténaire sur le P.M.R. De ce fait, en vue en plan, les câbles caténares peuvent être représentés hors des rails. La projection sur le P.M.R. sera toujours entre les rails.

Lorsque nous sélectionnons un point de support caténaire, un profil de voie est réalisé, les points de files de rail sont extraits automatiquement (ici A et B) et la distance curviligne par rapport à l'axe est déterminée. Pour celle-ci, nous interpolons un point de câble caténaire (point C). Ensuite, nous réalisons deux intersections de droites entre les droites en pointillé sur la coupe et la droite (AB). Nous obtenons deux points.

Une fois le point C' déterminé, nous devons calculer :

- hauteur du fil contact (distance entre les points C et C'),
- désaxement (distance entre le point C' et la projection verticale sur le P.M.R.)

Ces données serviront à remplir plusieurs livrables.

V.2 Implémentation d'une fonction de contrôle en temps réel

Le contrôle en temps réel permet à l'utilisateur de visualiser ce qu'il a effectué et ce qu'il lui reste à faire. Il permet aussi de s'apercevoir d'une faute sans avoir à attendre la génération du dessin dans Polaris.

Dans chaque dessin et en fonction du type de demande, une échelle est définie. Elle va permettre de déterminer le nombre et l'espacement des profils en travers. Un onglet déroulant doit proposer plusieurs échelles 1/200, 1/500, 1/1000. La restitution sur du linéaire comme une route ou une voie doit être effectuée par profil et complétée par des profils intermédiaires en fonction des objets présents.

A partir de l'axe défini dans la phase 2 et de l'échelle donnée, nous pouvons définir des profils en travers. Un P.T. est défini comme une coupe perpendiculaire à l'axe.

Pour les chantiers de type voirie :

- 1/200 : 1 PT tous les 7 mètres,
- 1/500 : 1 PT tous les 17 mètres,
- 1/1000 : 1 PT tous les 35 mètres.

Pour les chantiers SNCF :

- 1/200 : 1 PT tous les 20/25 mètres en alignement droit et 10/15 mètres en courbe,
- 1/500 : 1 PT tous les 40/50 mètres en alignement droit et 15/20 mètres en courbe,
- 1/1000 : 1 PT tous les 80/100 mètres en alignement droit et 40/50 mètres en courbe.

La génération de ces profils doit être basée sur la fonction précédente d'extraction automatique de géométrie de voie.

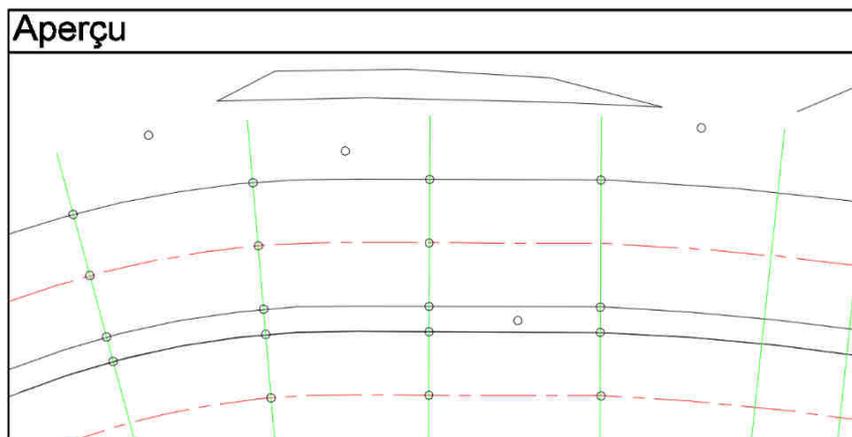


Figure 35 : Représentation de la fenêtre Aperçu

Ces profils en travers seront affichés dans ArcGIS sous forme de segments.

Nous pourrions insérer d'autres profils en travers manuellement. La sélection d'un point proche de cette ligne de P.T. (dans un rayon de 30 centimètres) pourra entraîner la sélection automatique du point sur le profil mais avec la possibilité de le fixer librement par demande à l'utilisateur.

Un affichage avec une fenêtre dynamique en vue du dessus (type 2D) où figurera l'axe, les différents profils en travers ainsi qu'un aperçu grossier des lignes et les ponctuels qui ont été créés est également nécessaire (ponctuels sous forme de points). Pour cela, il faut une génération automatique grâce à la codification comme sous Polaris (figure 35).

Un export en shapefile des lignes est également nécessaire pour une visualisation à la volée dans ArcGIS. La fonction de création d'un fichier Shape existe déjà dans le code Dynatablette mais doit être complétée car elle ne génère que du point. Cette fenêtre permettrait de contrôler si toutes les données ont été traitées pour une vérification semi-temps réel dans le nuage.

Une dernière fenêtre permettrait d'afficher une coupe du nuage à l'endroit du profil en travers sélectionné. Dans cette fenêtre doivent figurer les points déjà sélectionnés avec leur code. Ils seront reliés pour une meilleure appréciation de la coupe. Cette fenêtre permet de s'assurer qu'aucun point n'a été oublié sur un profil et permet de générer très rapidement des profils routiers ou ferroviaires pouvant être demandés dans certains cas de figure (comme les plans et P.T. de gare). La saisie d'un point sur la fenêtre P.T. en relation dynamique avec le nuage de point serait également préférable.

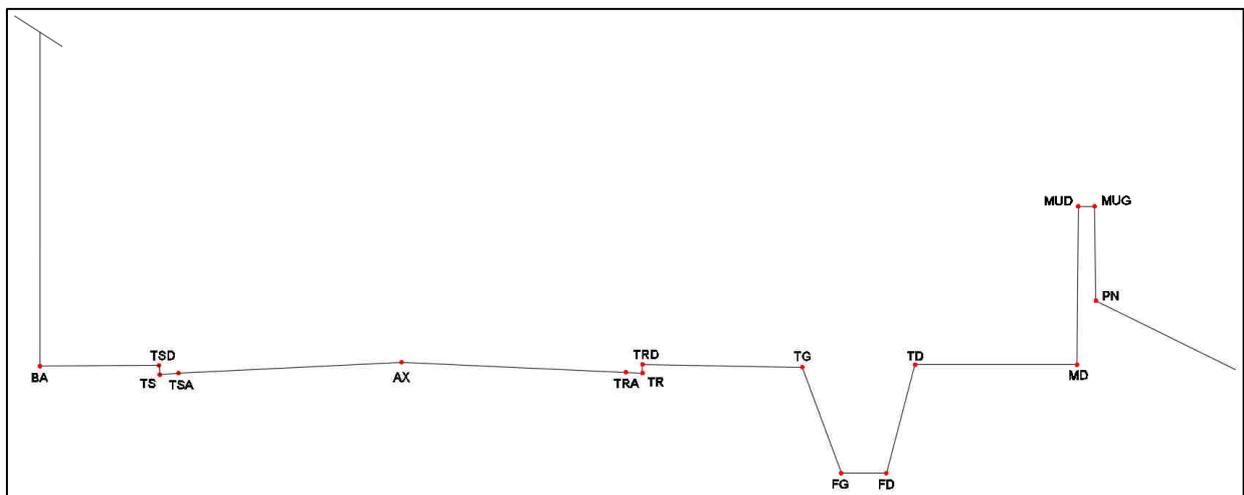


Figure 36 : Représentation de la fenêtre Coupe

Grâce à cette fenêtre nous pourrions gérer des multi-lignes. Une multi-ligne est la génération automatique de plusieurs lignes en attribuant le code d'une seule. Nous saisissons le point de haut de trottoir sur cette coupe et le logiciel nous proposera automatiquement un point de bas de trottoir et de caniveau à ajuster sur le nuage de points. Cette fonction pourra être complétée par l'ajout d'outils de détection d'objet tel que cela se fait à l'heure actuelle sur les rails.

V.3 Intégration dans un moteur 3D

Cette phase consiste à intégrer cet applicatif dans un moteur 3D gérant le nuage de points afin de ne plus dépendre de logiciel tels que Cyclone / CloudWorx ou ArcGIS / MapFactory.

Après quelques recherches, une bibliothèque OpenSource basée sur un développement en Java Script et nommée « Potree » est librement accessible. En respect des règles d'utilisation des développements open source, il est possible de récupérer les fichiers sources ainsi qu'une bibliothèque « Potree Converter » permettant de transformer et de visualiser des fichiers LAS / LAZ sur un navigateur web. Après transformation des fichiers, une page web au format HTML est ouvrable dans Firefox. L'affichage et l'ouverture du nuage se fait en instantané. De nombreuses fonctionnalités d'interaction avec le nuage de points sont disponibles.

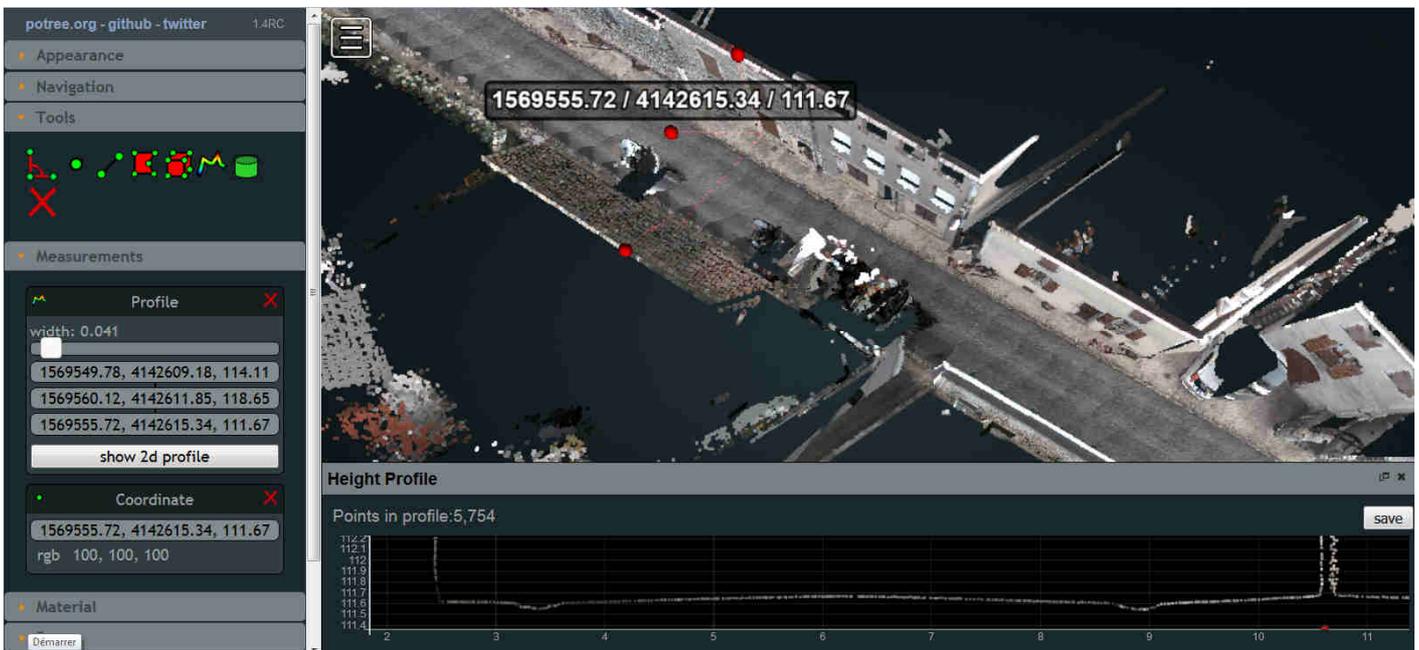


Figure 37 : Visualisation d'un nuage dans Potree

Sur la figure ci-dessus, nous observons que l'affichage est composé de 3 parties :

- la colonne de gauche donne accès à tous les outils déjà programmés répartis en onglets :
 - l'apparence (taille des points, nombre de points affichés),
 - Le mode de navigation dans le nuage (déplacement, rotation, différentes vues),
 - les mesures (angle, sélection d'un point, distance, surface, volume, profil),
 - la colorisation (R.G.B., élévation, intensité, classification, intensité par gradient),
 - le filtre de la colorisation en fonction de la classification d'un nuage de points. Cette option nécessite un nuage classifié.
- la fenêtre centrale permet la visualisation du nuage de points,
- la fenêtre en dessous permet l'affichage d'une coupe définie par l'outil profil et l'export en format LAS de celle-ci.

Après quelques tests, cette solution parait bonne car elle peut afficher une infinité de points. Les calculs pour convertir le nuage de points en fichiers binaires sont assez longs mais une fois la page HTML générée, l'affichage est instantané.

De plus, il est possible d'héberger les données sur un serveur permettant de :

- rendre la donnée consultable à distance,
- avoir un unique jeu de données à jour et commun à tous les dessinateurs (ne nécessitant pas de faire une copie locale).

Les objectifs attendus par intégration d'un moteur 3D seraient donc :

- afficher en permanence les coordonnées de la souris dans le moteur comme sur ArcGIS,
- lier le logiciel à ce moteur comme pour ArcGIS (récupération des coordonnées d'un point sélectionné),
- sélectionner un point sur la coupe,
- créer une interface d'import (autre que passer par la commande Windows) pour pouvoir intégrer nos autres formats de nuages (XYZ, PTS et HPC),
- afficher les photographies du scanner en lien avec le Li.D.A.R.,
- modifier la palette d'affichage « Intensity gradient » pour une meilleure visualisation,
- modifier le type de visualisation (ne charger que les box visibles à l'écran pour un déplacement plus fluide) et afficher que la donnée nécessaire à l'extraction d'informations,
- afficher le nuage par trajet ou clipping,
- créer un import / export de différents fichiers (shp, dwg, dgn, dxf, txt, est),
- sélectionner un point dans le nuage par utilisation d'un écran et d'une souris 3D (Stealth 3D mouse S2-Z ou autre souris 3D moins chère) et visualisation anaglyphe pour les démonstrations.

Les coordonnées affichées par Potree lors d'une sélection de points sont justes. Nous avons donc cherché où ces informations étaient stockées. Les coordonnées sont directement lisibles dans la page web ouverte (figure ci-dessous).



Figure 38 : Inspection de la page WEB générée par Potree

Il faut désormais pouvoir extraire ces informations automatiquement et les insérer dans le logiciel Virtual Surveying.

L'avantage de cette bibliothèque open-source est qu'elle est gratuite, entièrement modifiable et en constante évolution.

V.4 Extraction automatique et fonctions D.A.O.

V.4.1 Intégration de l'extraction automatique

Le logiciel 3D Reshaper est actuellement utilisé pour l'extraction automatique des files de rails et caténaires pour les chantiers ferroviaires. L'objectif serait d'utiliser ces scripts et de les adapter afin qu'ils soient implémentés sous forme de fonctions dans ce logiciel.

Cette fonction viendra s'ajouter à la phase de gestion des axes pour ne plus utiliser le logiciel spécifique. Il automatisera la phase d'avant le calcul d'axe. En effet, nous devons :

- charger le nuage dans 3DReshaper,
- extraire les polygones de rails,
- charger ces polygones dans Polaris,
- les segmenter,
- exporter les points en fichiers textes.

Cette opération nécessite une personne, un ordinateur et deux licences. A terme, tout utilisateur pourra l'effectuer.

Le chargement du nuage s'effectuera dans le moteur 3D avec l'extraction des polygones. Une fonction viendra peut-être s'ajouter qui permettra de calculer l'axe directement avec les polygones extraites pour ne plus passer par Polaris. L'algorithme est disponible en JAVA et à convertir en C#.

V.4.2 Intégration de fonctions D.A.O.

La finalité du développement est de pouvoir interagir directement à partir de la visualisation avec le moteur 3D. Pour cela, des fonctions D.A.O. simples devront être définies comme :

- outils annuler et rétablir,
- supprimer un élément,
- décaler,
- déplacer, rotation, échelle,
- création de point, ligne et texte,
- prolonger, ajuster, trouser ligne,
- cotations,
- intersection cercle – cercle,
- intersection droite – droite,
- intersection droite – cercle,
- export « .dwg » / « .shp » / « .xyz ».

L'insertion et l'orientation des blocs par rapport à une ligne devront être automatisées comme l'insertion d'un avaloir dans un trottoir ou l'orientation d'un panneau par rapport à la voirie.

V.5 Travail collaboratif

Dans une problématique de répondre au mieux à de futurs appels d'offre, une connexion au démarrage du logiciel sera requise par login et / ou mot de passe.

Ainsi, l'identification des utilisateurs permettra de calculer :

- le temps exact passé sur un dossier,
- le nombre de points saisis et le temps de saisie sur un dossier,
- le linéaire effectué,
- le temps de connexion de chaque utilisateur.

L'administrateur pourra :

- visualiser le linéaire effectué par jour et le nombre de points cliqués,
- visualiser le nombre de modifications réalisées par un utilisateur,
- gérer, suivre et naviguer entre plusieurs dossiers.

Ces données permettront de réaliser des statistiques utiles pour l'organisation du travail. Cela permettra également d'attribuer telle personne plutôt qu'une autre en fonction du type de dossier. Les estimations pourront être plus fiables et permettront d'affiner les délais de livraison, les temps estimatifs et les plannings prévisionnels.

L'objectif est de pouvoir travailler sur le même projet en même temps. La visualisation en simultané du travail effectué par un collègue sur le même dossier dans une autre couleur serait un plus. La fusion des deux dessins ne sera possible que si les deux utilisateurs donnent les droits pour le faire. La base de données sera alors fusionnée.

Un lien sera créé entre les différents livrables afin de pouvoir basculer entre eux (par exemple le lien entre un support caténaire, sa vectorisation ainsi que ses images).

Il faut aussi pouvoir utiliser un outil historique de saisie permettant d'identifier ce que chaque utilisateur a effectué et trouver les erreurs.

Conclusion

Ainsi, ce travail de fin d'études m'a permis de comprendre toute la structure d'une entreprise et ses problématiques en passant par les différents marchés, les choix matériels et la structure logicielle. Il a aussi permis de me rapprocher de certaines nouvelles technologies et de réaliser que certains programmes parfois simples permettent de gagner du temps.

Le commencement est la recherche de marchés et la lecture de leurs demandes. Certaines peuvent être très précises en passant par des cahiers des charges. La réponse à la demande nécessite de grandes qualités d'estimation avec une excellente connaissance des méthodes, des outils de production et du personnel.

3DSI possédant de multiples moyens de mesures, la réflexion se porte sur la meilleure façon d'arriver à la demande. Travailler dans une entreprise qui suit les technologies est très enrichissant. La combinaison de différentes techniques peut s'avérer être très efficace.

Le scanner dynamique est très coûteux mais peut acquérir une quantité de données remarquable en un temps réduit. Peu de clients demandent le nuage de points car ils n'ont pas les logiciels et les ordinateurs pour le visualiser. Les ressources hardware / software sont très coûteuses. La problématique est donc l'utilisation du nuage pour l'aboutissement de plans. L'utilisation d'un logiciel payant uniquement comme moteur 3D explique cette complexité. Pour reprendre une expression entendue fréquemment au cabinet : « Nous disposons du Pegasus qui est une Formule 1 mais nous avançons comme une 2CV. ».

Les différentes méthodes nécessitent des outils de production. La structure logicielle est importante. Il faut qu'elle soit adaptée aux matériels utilisés. Elle peut être coûteuse à l'achat mais aussi en mises à jour. Les logiciels étant programmés pour toucher un maximum de sociétés ne sont pas forcément adaptés aux besoins d'une entreprise. De plus, les logiciels ne sont pas forcément compatibles entre eux dans les formats. Il est difficile de changer toute une chaîne de traitement du jour au lendemain car cela nécessiterait un temps d'adaptation pour le personnel.

La diversité du personnel joue également un rôle important. Certaines personnes sont plus à l'aise que d'autres dans un type de chantiers ou un type de logiciels. Cet ensemble doit produire une unité et un échange permanent. La structure logicielle de l'entreprise est telle qu'une personne doit maîtriser plusieurs logiciels de différents horizons (S.I.G. et D.A.O.). La réalisation des différents livrables est chronophage. Le temps perdu impacte donc directement la marge effectuée.

Un logiciel de gestion adapté permet de fixer le planning, attribuer le matériel, accéder aux données, calculer les temps passés et échanger des messages.

De par toutes ces problématiques et une longue réflexion, 3DSI a décidé d'investir dans la création d'un logiciel entièrement adapté à ses besoins « Virtual Surveying ». Un projet comme celui-ci ne s'effectue pas du jour au lendemain mais nécessite un suivi sur plusieurs années. L'outil sera entièrement adapté aux besoins de l'entreprise. Les fonctions à automatiser étaient déjà bien réfléchies. De plus, le logiciel évoluera avec les futurs marchés par simples modifications de code. Le gain de temps permettra d'être plus compétitif sur l'obtention des marchés.

La recherche et développement au sein d'un cabinet est un point important. Elle permet une évolution permanente des compétences de production. La programmation est un outil puissant. Bien réfléchi, elle permet de résoudre des problématiques. Elle demande néanmoins du temps et une certaine organisation.

Nous pouvons apprécier dans le tableau ci-dessous un comparatif entre l'application DynaCode / DynaTablette et la programmation effectuée du début du logiciel Virtual Surveying.

Fonctions	DynaCode / DynaTablette	Virtual Surveying
Connexion	ArcGIS, AutoCAD, MicroStation	ArcGIS, AutoCAD, MicroStation
Gestion de code	Manuelle par saie	Palette de boutons et manuelle par saisie
Gestion de l'enregistrement	Fichier texte	Base de données
Type d'export	Export TXT, EST, TIS, SHP	Export TXT, EST, TIS, SHP, MDB
Automatisation	Aucune	- Calcul d'axe - Calcul de polygones intérieures de files de rail - Calcul de dévers - Calcul de file basse - Profil de voie automatique - Calcul des distances compensées

Tableau 6 : Tableau comparatif

Certaines fonctions déjà programmées peuvent être optimisées. Les fonctions programmées sont effectives pour les chantiers ferroviaires. Or, la société possède d'autres marchés. Le logiciel devra, à terme, pouvoir les gérer.

Enfin, l'intégration dans le moteur 3D Potree gratuit et la modification du code source permettra une indépendance du logiciel. Nous pourrons visualiser le nuage de points ainsi que les photographies des différentes caméras, effectuer l'extraction des points et contrôler les éléments sélectionnés tout en conservant une interface parfaitement ouverte et modifiable. À terme, 3DSI pourra s'acquitter de certains logiciels, impliquant un coût de mises à jour, dorénavant inutiles.

Liste des figures

Figure 1 : Structure logicielle (source interne)	7
Figure 2 : Photographie du Pegasus Two (source interne).....	10
Figure 3 : Organigramme du traitement des données Pegasus (source interne)	13
Figure 4 : Plan sous le logiciel Polaris	15
Figure 5 : Organigramme de la restitution des données (source interne).....	13
Figure 6 : Visualisation sous le logiciel ArcGIS du nuage de points et de deux caméras.....	15
Figure 7 : Extrait d'un plan de piquetage	17
Figure 8 : Extrait d'un plan « dwg » de gare	17
Figure 9 : Exemple d'un P.T. du fichier « dwg »	16
Figure 10 : Eléments renseignés sur le profil en long.....	18
Figure 11 : Coupe d'un couple de supports caténaux vectorisé à partir du nuage de points.....	18
Figure 12 : Schéma du lever d'un P.N.....	20
Figure 13 : Exemple de codification (source interne).....	24
Figure 14 : Interface de l'application	25
Figure 15 : Fenêtre Sélection	25
Figure 16 : Fenêtre Listing des points	25
Figure 17 : Aperçu de la fonction d'extraction sous TopoDOT / MicroStation V8	27
Figure 18 : Schéma des tables de la B.D.D.....	30
Figure 19 : Menus permettant l'affichage des palettes	31
Figure 20 : Palette Regevoie	31
Figure 21 : Code liaison.....	32
Figure 22 : Fenêtre de sélection.....	33
Figure 23 : Fenêtre principale.....	33
Figure 24 : Schéma des files de rail intérieures.....	37
Figure 25 : Fenêtre de calcul d'axe.....	37
Figure 26 : Schéma explicatif de la distance curviligne	39
Figure 27 : Profil de voie déclenché par le levé d'un pied de talus	40
Figure 28 : Fichier d'aide à l'estimation.....	42
Figure 29 : Schéma de la position d'un point par rapport à une droite.....	43
Figure 30 : Profil en travers déclenché par les deux points de support caténaire.....	44
Figure 31 : Exemple d'une géométrie de voie	45
Figure 32 : Représentation géométrique du calcul du rayon du cercle	45
Figure 33 : Coupe d'un support caténaire.....	46
Figure 34 : Plan d'un couple de support caténaire	46
Figure 35 : Représentation de la fenêtre Aperçu	47
Figure 36 : Représentation de la fenêtre Coupe.....	48
Figure 37 : Visualisation d'un nuage dans Potree	49
Figure 38 : Inspection de la page WEB générée par Potree.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemple de tableau récapitulatif P.RO	17
Tableau 2 : Récapitulatif des formats d'import / export logiciels pouvant être utilisés par l'entreprise	27
Tableau 3 : Formules de résolution de triangle.....	39
Tableau 4 : Formules d'intersection droite / droite.....	39
Tableau 5 : Gisement / Distance	41
Tableau 6 : Tableau comparatif	55

Liste des tables

Table 1 : Codification	31
Table 2 : Codification modifiée	32
Table 3 : Points.....	34
Table 4 : Files	35
Table 5 : Axe	35

Bibliographie

Mémoire :

DUPRE Christophe, juin 2013, Mise en place du processus d'acquisition par lasergrammétrie dynamique : utilisation du système Pegasus. Application à la production de plan de masse pour E.R.D.F., Mémoire de travail de fin d'études, E.S.G.T., 71p.

Livre :

PUTIER Sébastien, juillet 2015, C# 6 et Visual Studio 2015 – Les fondamentaux du langage, Editions ENI, 538 p.

Documents S.N.C.F. :

- Annexe 1.1-Référentiel IG 5001
- Annexe 1.2-Référentiel IG 5002
- Annexe 1.3-Fiches TIPULES pour les passages à niveau
- Annexe 1.4-Spécifications Autocad REGEVOIE
- CDC LEVE TOPO SNCF V4

Sites internet :

- Site internet de la ville de la mairie de l'union, <http://www.mairie-lunion.fr/>, onglet Urbanisme – Travaux – Environnement et sous-onglet Communauté Urbaine de Toulouse Métropole
- Site du Conseil National de l'Information Géographique, <http://cniq.gouv.fr/>, onglet Ressources et sous-onglet P.C.R.S.
- Site internet du visualisateur Potree, <http://potree.org/>
- Bibliothèque open source Potree Converter, <https://github.com/potree/PotreeConverter>,
- Site Axiom Cafe, <http://axiomcafe.fr>.

Liste des annexes

- Annexe 1 : Contrat de non plagiat**
- Annexe 2 : Récapitulatif des tables de la base de données**
- Annexe 3 : Structure du logiciel développé**
- Annexe 4 : Explication de la fenêtre principale**
- Annexe 5 : Approximation de la distance curviligne**
- Annexe 6 : Explication de la fenêtre de calcul d'axe**
- Annexe 7 : Justification de la tolérance de l'écartement**
- Annexe 8 : Explication de la fenêtre d'export**

Annexe 1 : Contrat de non plagiat

Plagiat : action de plagier

Plagier : emprunter à un ouvrage et à son auteur, des éléments, des fragments dont on s'attribue abusivement la paternité en les reproduisant, avec plus ou moins de fidélité, dans une œuvre que l'on présente comme personnelle.

Je soussigné(e), Jean-Edouard PAUTONNIER déclare sur l'honneur connaître la définition du plagiat et ne pas m'y adonner. Je m'engage à ne pas copier, contrefaire ou falsifier mon mémoire de T.F.E., et à ne pas y utiliser, en tout ou en partie, l'œuvre d'autrui ou des passages appréciables tirés de celle-ci, sans les identifier expressément comme citations, et dans l'intention de les faire passer pour miens.

Fait à Figeac, le mercredi 30 mars 2016.



Signature manuscrite de Jean-Edouard Pautonnier.

Annexe 2 : Récapitulatif des tables de la base de données

Codification :

Objectifs : stocker la table de codification

Composition : 2 champs

- Code_Nature : Ensemble des codes nature (texte court 10)
- Nom : Ensemble des noms des boutons (texte court 25)

Table : Codification		
Repere	Code_Nature	Nom

Points :

Objectifs : stocker les points extraits

Composition : 8 champs

- Numero : Numéro du point (entier)
- X, Y, Z : Coordonnées du point (réel simple)
- Code : Code du point (texte court 255)
- Axe : Nom de l'axe sur lequel le point est projeté (texte court 255)
- Dcurv : Distance curviligne par rapport à l'axe indiqué (réel simple)
- Dcomp : Distance compensée avec les PK (réel double)

Table : Points							
Numero	X	Y	Z	Code	Axe	Dcurv	Dcomp

Files :

Objectifs : stocker les points de polygones de files de rail ainsi que celles intérieures

Composition : 9 champs

- Id : Numéro incrémenté automatiquement (entier)
- X, Y, Z : Coordonnées du point (réel simple)
- Code : Code du point (texte court 4)
- Devers : Différence d'altitude entre les points gauche et droite (réel simple)
- Axe : Nom de l'axe sur lequel le point est projeté (texte court 255)
- Dcurv : Distance curviligne par rapport à l'axe indiqué (réel simple)
- Indication : indique si le point est la file basse ou non (texte court 5)

Table : Files								
Id	X	Y	Z	Code	Devers	Axe	Dcurv	Indication

PK :

Objectifs : stocker les coefficients des points PK au numéro correspondant dans la table « Points »

Composition : 2 champs

- Numero : Numéro du point de la table « Points » (entier)
- Coefficient : Coefficient entre distance compensée et curviligne (réel simple)

Table : PK	
Numero	Coefficient

Axe :

Objectifs : stocker les points d'axe

Composition : 7 champs

- Id : Numéro incrémenté automatiquement (entier)
- Nom : Nom de l'axe (texte court 255)
- X, Y, Z : Coordonnées du point d'axe (réel simple)
- Code : Code du point d'axe (texte court 4)
- Dcurv : Distance curviligne du point d'axe (réel simple)

Table : Axe						
Id	Nom	X	Y	Z	Code	Dcurv

Support Caténaire :

Objectifs : stocker les informations relatives aux supports caténaux pour un point de caténaire de la table « Points »

Composition : 4 champs

- Numero : Numéro du point de la table « Points » (entier)
- Support : Nom du support (texte court 10)
- HFC : Hauteur de Fil Contact (réel simple)
- Desax : Désaxement (réel simple)

Table : Support_Catenaire			
Numero	Support	HFC	Desax

Entraxe :

Objectifs : stocker les points pour générer des polygones d'entraxe

Composition : 6 champs

- Id : Numéro incrémenté automatiquement (entier)
- Dcurv : Nom du support (texte court 10)
- X, Y, Z : Coordonnées du point d'entraxe (réel simple)
- Code : Code du point d'entraxe (texte court 4)

Table : Entraxe					
Id	Dcurv	X	Y	Z	Code

Caténaire :

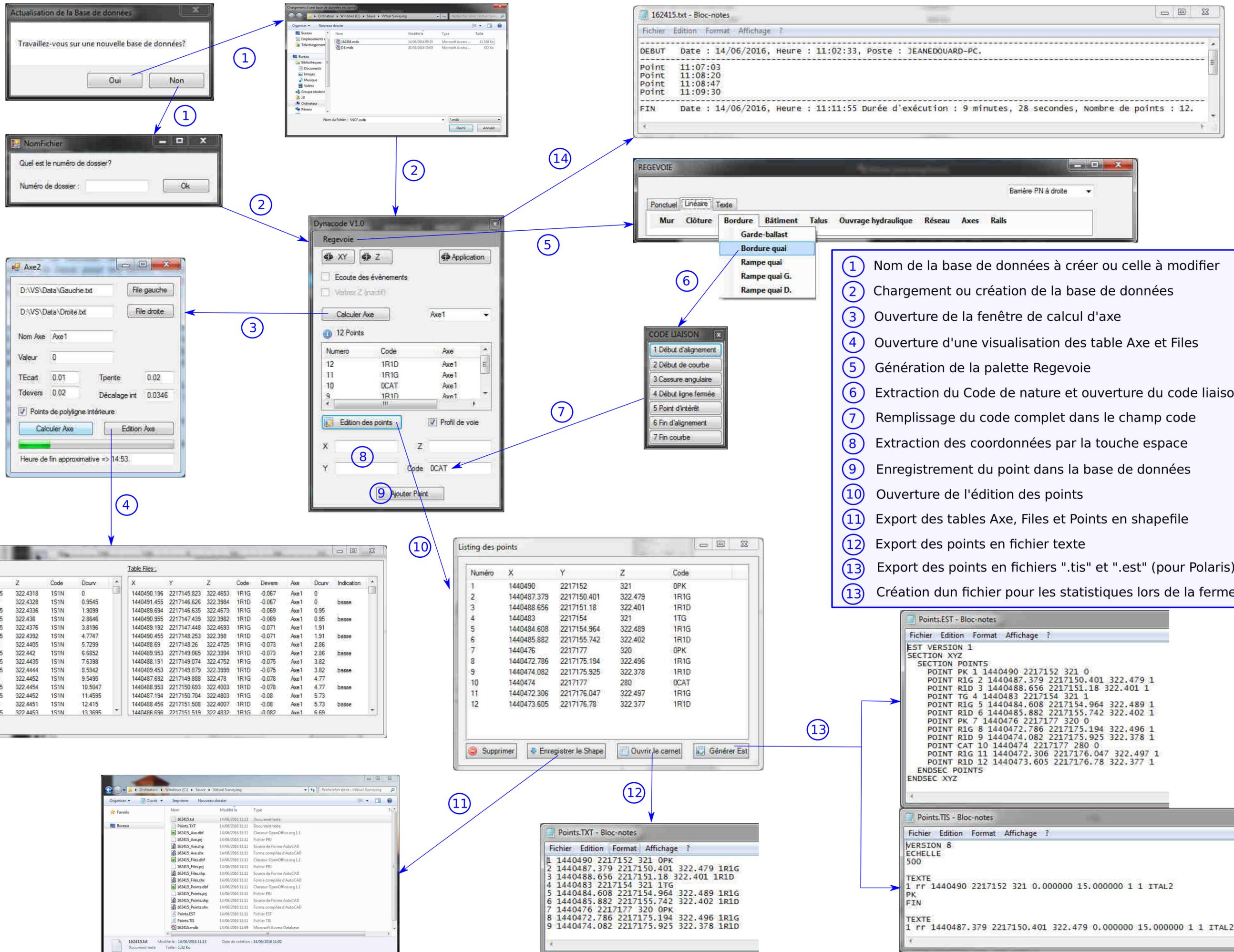
Objectifs : stocker les points de polygones de câbles caténaux extraites avec 3DReshaper

Composition : 7 champs

- Id : Numéro incrémenté automatiquement (entier)
- X, Y, Z : Coordonnées du point d'entraxe (réel simple)
- Axe : Nom de l'axe sur lequel le point est projeté (texte court 255)
- Code : Code du point d'entraxe (texte court 4)
- Dcurv : Distance curviligne par rapport à l'axe indiqué (réel simple)

Table : Catenaire						
Id	X	Y	Z	Axe	Code	Dcurv

Annexe 3 : Structure du logiciel développé



- ① Nom de la base de données à créer ou celle à modifier
- ② Chargement ou création de la base de données
- ③ Ouverture de la fenêtre de calcul d'axe
- ④ Ouverture d'une visualisation des table Axe et Files
- ⑤ Génération de la palette Regevoie
- ⑥ Extraction du Code de nature et ouverture du code liaison
- ⑦ Remplissage du code complet dans le champ code
- ⑧ Extraction des coordonnées par la touche espace
- ⑨ Enregistrement du point dans la base de données
- ⑩ Ouverture de l'édition des points
- ⑪ Export des tables Axe, Files et Points en shapefile
- ⑫ Export des points en fichier texte
- ⑬ Export des points en fichiers ".tis" et ".est" (pour Polaris)
- ⑭ Création d'un fichier pour les statistiques lors de la fermeture

AffichageAxe

Table Axe :						Table Files :							
Nom	X	Y	Z	Code	Dcurv	X	Y	Z	Code	Devers	Axe	Dcurv	Indication
Axe1	1440490.8255	2217146.2245	322.4318	1S1N	0	1440490.196	2217145.823	322.4653	1R1G	-0.067	Axe1	0	
Axe1	1440490.3245	2217147.037	322.4328	1S1N	0.9545	1440491.455	2217146.626	322.3984	1R1D	-0.067	Axe1	0	basse
Axe1	1440489.8235	2217147.8505	322.4336	1S1N	1.9099	1440489.694	2217146.635	322.4673	1R1G	-0.069	Axe1	0.95	
Axe1	1440489.3215	2217148.6625	322.436	1S1N	2.8646	1440490.955	2217147.439	322.3982	1R1D	-0.069	Axe1	0.95	basse
Axe1	1440488.822	2217149.4765	322.4376	1S1N	3.8196	1440489.192	2217147.448	322.4693	1R1G	-0.071	Axe1	1.91	
Axe1	1440488.3225	2217150.2905	322.4392	1S1N	4.7747	1440490.455	2217148.253	322.398	1R1D	-0.071	Axe1	1.91	basse
Axe1	1440487.825	2217151.106	322.4405	1S1N	5.7299	1440488.69	2217148.26	322.4725	1R1G	-0.073	Axe1	2.86	
Axe1	1440487.3275	2217151.9215	322.442	1S1N	6.6852	1440489.953	2217149.065	322.3994	1R1D	-0.073	Axe1	2.86	basse
Axe1	1440486.8305	2217152.7365	322.4435	1S1N	7.6398	1440488.191	2217149.074	322.4752	1R1G	-0.075	Axe1	3.82	
Axe1	1440486.3355	2217153.5525	322.4444	1S1N	8.5942	1440489.453	2217149.879	322.3999	1R1D	-0.075	Axe1	3.82	basse
Axe1	1440485.8395	2217154.369	322.4452	1S1N	9.5495	1440487.692	2217149.888	322.478	1R1G	-0.078	Axe1	4.77	
Axe1	1440485.3455	2217155.1865	322.4454	1S1N	10.5047	1440488.953	2217150.693	322.4003	1R1D	-0.078	Axe1	4.77	basse
Axe1	1440484.853	2217156.0045	322.4452	1S1N	11.4599	1440487.194	2217150.704	322.4803	1R1G	-0.08	Axe1	5.73	
Axe1	1440484.36	2217156.823	322.4451	1S1N	12.415	1440488.456	2217151.508	322.4007	1R1D	-0.08	Axe1	5.73	basse
Axe1	1440483.869	2217157.6415	322.4453	1S1N	13.3698	1440486.696	2217151.519	322.4832	1R1G	-0.082	Axe1	6.69	

Listing des points

Numéro	X	Y	Z	Code
1	1440490	2217152	321	OPK
2	1440487.379	2217150.401	322.479	1R1G
3	1440488.656	2217151.18	322.401	1R1D
4	1440483	2217154	321	1TG
5	1440484.608	2217154.964	322.489	1R1G
6	1440485.882	2217155.742	322.402	1R1D
7	1440476	2217177	320	OPK
8	1440472.786	2217175.194	322.496	1R1G
9	1440474.082	2217175.925	322.378	1R1D
10	1440474	2217177	280	OCAT
11	1440472.306	2217176.047	322.497	1R1G
12	1440473.605	2217176.78	322.377	1R1D

Points.EST - Bloc-notes

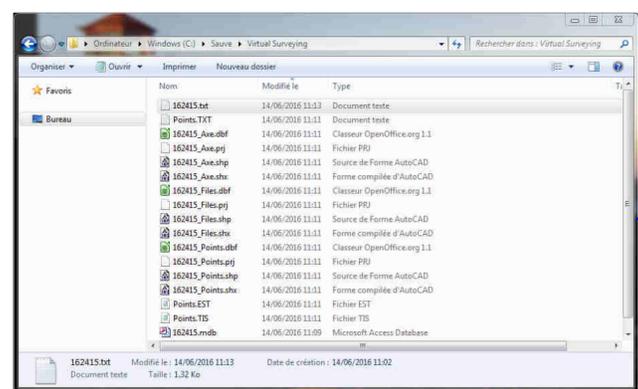
```

EST VERSION 1
SECTION XYZ
SECTION POINTS
POINT PK 1 1440490 2217152 321 0
POINT R1G 2 1440487.379 2217150.401 322.479 1
POINT R1D 3 1440488.656 2217151.18 322.401 1
POINT TG 4 1440483 2217154 321 1
POINT R1G 5 1440484.608 2217154.964 322.489 1
POINT R1D 6 1440485.882 2217155.742 322.402 1
POINT PK 7 1440476 2217177 320 0
POINT R1G 8 1440472.786 2217175.194 322.496 1
POINT R1D 9 1440474.082 2217175.925 322.378 1
POINT CAT 10 1440474 2217177 280 0
POINT R1G 11 1440472.306 2217176.047 322.497 1
POINT R1D 12 1440473.605 2217176.78 322.377 1
ENDSEC POINTS
ENDSEC XYZ
    
```

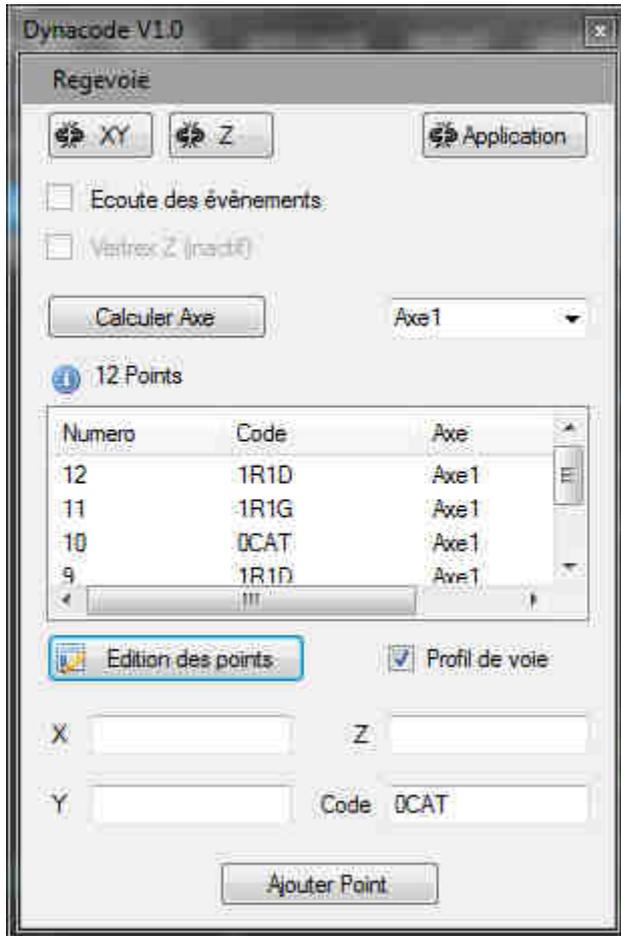
Points.TXT - Bloc-notes

```

l 1440490 2217152 321 OPK
2 1440487.379 2217150.401 322.479 1R1G
3 1440488.656 2217151.18 322.401 1R1D
4 1440483 2217154 321 1TG
5 1440484.608 2217154.964 322.489 1R1G
6 1440485.882 2217155.742 322.402 1R1D
7 1440476 2217177 320 OPK
8 1440472.786 2217175.194 322.496 1R1G
9 1440474.082 2217175.925 322.378 1R1D
    
```



Annexe 4 : Explication de la fenêtre principale



Cette fenêtre est presque identique à celle de l'application DynaCode / DynaTablette.

Nous allons la décrire de haut en bas. Premièrement, nous avons le menu « Regevoie » qui permet de générer la palette Regevoie.

Les boutons XY et Z permettent de créer le lien vers le logiciel ArcGIS. Le bouton Application permet de créer le lien vers les logiciels de D.A.O. comme pour DynaCode.

Le bouton « Calcul d'axe » permet d'ouvrir la fenêtre de calcul d'un axe présentée dans l'annexe 6.

La comboBox propose les différents axes calculés par l'utilisateur pour qu'il indique sur quel axe il travaille lors de la saisie des points.

En dessous, figure un listing qui récapitule les cinq derniers points saisis avec leur numéro, leur code et l'axe sur lequel l'utilisateur travaille. Une indication donne le nombre de points présents dans la table « Points ».

Le bouton « Edition des points » génère une fenêtre qui est expliquée en annexe 8.

La checkBox « Profil de voie » permet ou non, lors de la sélection d'un point, de générer une interpolation automatique sur les files de rail.

Les coordonnées X, Y et Z sont extraites d'ArcGIS et remplies dans les différents champs lorsque l'utilisateur appuie sur la touche « Entrée ».

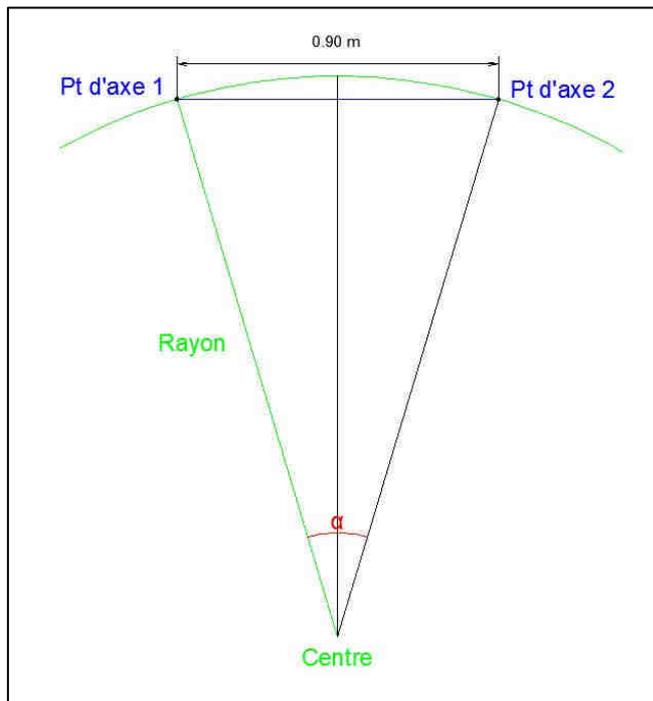
Le code est entré manuellement pour un utilisateur expérimenté ou extrait automatiquement depuis la palette de code.

Le dernier bouton permet d'enregistrer le point avec ses coordonnées, son code, l'axe actuel et sa distance curviligne. Une fois le bouton cliqué, les champs X, Y et Z s'effacent. Le code reste pour pouvoir l'indiquer avant ou après l'extraction des coordonnées ou tout simplement conserver le code pour plusieurs points.

Annexe 5 : Approximation de la distance curviligne

Pour un alignement droit, la distance curviligne de l'axe correspond à la distance cumulée entre chaque point d'axe. Or les voies S.N.C.F. ne sont pas uniquement composées d'alignements droits. C'est pourquoi il fallait réfléchir à comment déterminer la distance curviligne lors de raccordement parabolique ou de courbe. Elle est arrondie au millimètre.

Nous calculons alors le rayon pour un écart d'un millimètre entre la distance rectiligne et curviligne et une distance D de 0,90 mètre.



Longueur de l'arc entre 1 et 2 :

$$L = R \times \alpha_{\text{rad}}$$

Angle au centre de l'arc :

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin(D / 2 \cdot R)$$

Écart entre l'arc et la distance :

$$E = L - D$$

Pour E = 0,5 mm :

$$R = 7,4 \text{ mètres}$$

Un rayon de 7,4 mètres donne alors un écart de 0,5 mm et pourrait avoir une influence sur l'approximation de la distance curviligne. Or, les voies ont des rayons de courbure de 500 mètres environ.

Nous observons alors qu'un tel rayon donne un écart d'un dixième de micron pour un point tous les 90 centimètres. La distance cumulée est une très bonne approximation.

Annexe 6 : Explication de la fenêtre de calcul d'axe



Cette fenêtre permet le calcul d'un axe à partir des points de polygones de files de rail extraits avec le logiciel 3D Reshaper.

La première étape est d'aller sélectionner les fichiers textes des points de files de rail gauche et droite.

Nous donnons ensuite un nom à l'axe qui va être calculé. Dans le cas d'un dossier ferroviaire, l'axe se sera le nom de la voie.

En option, nous avons la valeur d'origine de la distance curviligne. Le premier point d'axe aura une distance curviligne différente de zéro.

Ensuite, nous avons trois tolérances :

- tolérance sur l'écartement (justifiée dans l'annexe suivante),
- tolérance sur le dévers : C'est la différence maximale entre le dévers du couple de points (point de file gauche / point de file droite) d'avant et le couple actuel. Elle est fixée à 1 cm pour contrôler la cohérence du dévers sur la voie.
- tolérance sur la pente : C'est la pente maximale autorisée entre le point de file gauche et le point de file gauche précédent (même chose pour la file droite). Elle est fixée à 2 cm pour contrôler s'il n'y a pas de cassure en altimétrie issue du calcul 3D Reshaper.

Elles sont modifiables par l'utilisateur pour respecter les différentes tolérances du C.D.C. Les points qui seraient hors tolérance seront contrôlés par l'utilisateur qui pourra mettre une tolérance plus grande si le contrôle est juste (défaut dans la voie).

Deux éléments sont liés car ils fonctionnent ensemble : ce sont le champ « Décalage int » et la checkBox « Points de polygone intérieure ». En effet, la détermination de la polygone de rail intérieure n'est pas demandée en permanence par la S.N.C.F. Celle-ci donne le décalage pour chaque type de rail. Cette valeur sera renseignée dans le champ. Si la checkBox est cochée, les polygones de rail intérieures seront calculées.

Le bouton « Calcul Axe » permet de lancer le calcul avec les différents paramètres. Le bouton « Edition Axe » permet d'ouvrir une fenêtre de visualisation des tables « Axe » et « Files ».

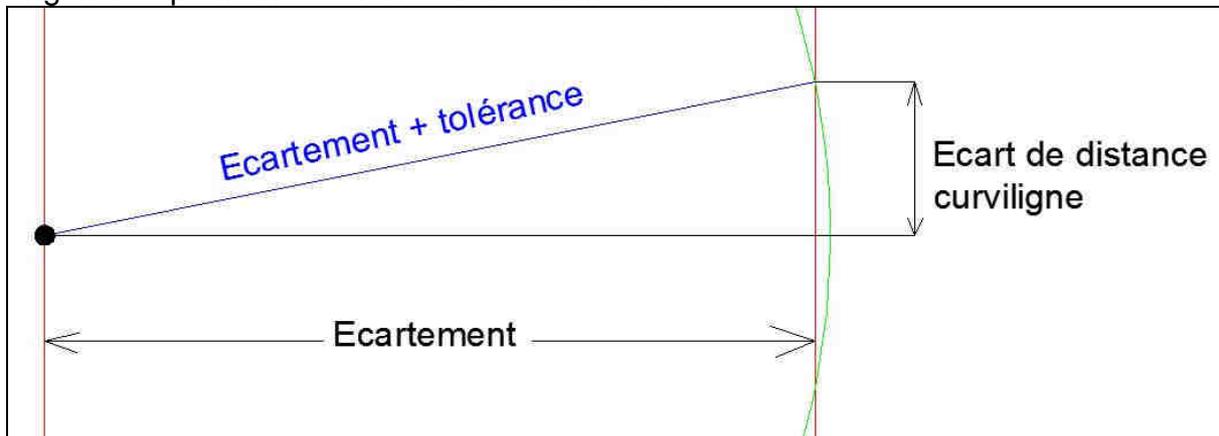
Enfin, une barre de progression et un temps estimatif permettent de renseigner l'utilisateur sur l'avancement du calcul.

Annexe 7 : Justification de la tolérance de l'écartement

Nous souhaitons contrôler l'extraction automatique des rails avec un premier contrôle sur l'écartement entre les deux files. En effet, les rails ont un écartement de 1,50 mètre. L'axe est déterminé par la moyenne des points de files de rail gauche et droite. Néanmoins, 3D Reshaper ne donne pas parfaitement ce couple de points. L'extraction nous donne des couples de points qui sont décalés au fil de la longueur. Une anomalie dans le processus d'extraction doit être la source du décalage.

C'est pourquoi, dans un premier temps, la tolérance fixée est de 1 centimètre. La distance curviligne calculée sur les files de rail n'est donc pas celle exacte du point d'axe. Or, le calcul des distances curvilignes de tous les points de files de rail étant trop long, nous avons fait le choix d'approximer celles-ci à celle de l'axe.

Il a fallu contrôler cette approximation pour obtenir la valeur maximale de l'erreur engendrée pour une tolérance d'un centimètre.

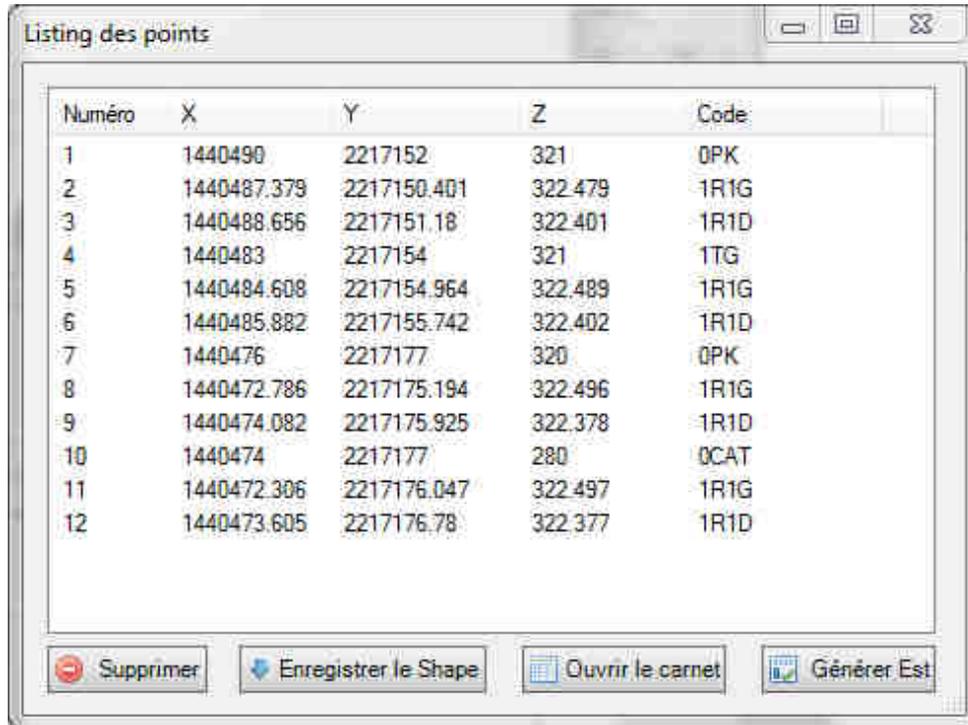


D'après le théorème de Pythagore, la valeur maximale de l'écart est de 17 centimètres, beaucoup trop élevée pour ne pas la prendre en compte. Pour que l'approximation soit juste, il faudrait que le décalage n'engendre pas plus d'un centimètre d'erreur, soit une tolérance de 0,03 mm.

Le procédé d'extraction n'assurant pas cette précision, c'est pourquoi le choix de ne pas utiliser les distances curvilignes des files de rail a été effectué. La distance curviligne des points de files de rail fixée est donc celle du point d'axe et donne une information approximative sur la position.

Dans un deuxième temps, il faudra programmer une projection du point de file gauche sur le segment de file droite et contrôler l'écartement des rails avec une tolérance bien inférieure au centimètre.

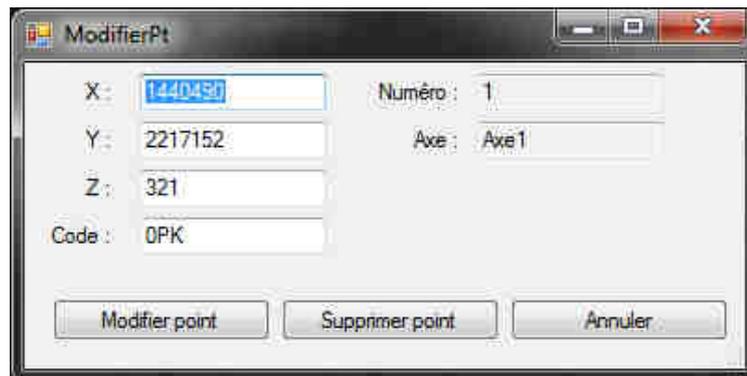
Annexe 8 : Explication de la fenêtre d'export



Numéro	X	Y	Z	Code
1	1440490	2217152	321	OPK
2	1440487.379	2217150.401	322.479	1R1G
3	1440488.656	2217151.18	322.401	1R1D
4	1440483	2217154	321	1TG
5	1440484.608	2217154.964	322.489	1R1G
6	1440485.882	2217155.742	322.402	1R1D
7	1440476	2217177	320	OPK
8	1440472.786	2217175.194	322.496	1R1G
9	1440474.082	2217175.925	322.378	1R1D
10	1440474	2217177	280	OCAT
11	1440472.306	2217176.047	322.497	1R1G
12	1440473.605	2217176.78	322.377	1R1D

Cette fenêtre permet de visualiser tous les points saisis manuellement par l'utilisateur et ceux qui sont extraits automatiquement avec leurs coordonnées X, Y et Z et leur code.

Les différents boutons permettent les exports en shapefile des tables (Axe, Files et Points), en fichier texte, en fichier EST et TIS. Le fichier EST est celui en entrée de Polaris qui permet la génération du dessin automatique.



En double-cliquant sur un point, une fenêtre s'ouvre avec les coordonnées et le code. Nous pouvons modifier les valeurs ou supprimer le point. Lors de la fermeture de la fenêtre la base de données sera mise à jour ainsi que la fenêtre vue précédemment.

Résumé

Les types, les demandes et les délais des marchés imposent des livrables de différents formats. Pour répondre à ces derniers, 3DSI a investi dans un scanner laser dynamique. Il permet d'acquérir un linéaire important sous forme de nuages de points en un minimum de temps. Néanmoins, il n'est qu'une technique pour aboutir à la création d'un plan. Le logiciel de système d'informations géographiques ArcGIS permet de visualiser le nuage de points 3D. Pour extraire les informations de ce nuage dans le but de créer un plan, une application nommée « DynaTablette » a été développée. Elle permet d'extraire les coordonnées d'un point en lui attribuant un code et de générer un fichier ASCII. Celui-ci permet la génération automatique du dessin dans un logiciel de Dessin Assisté par Ordinateur. Le terrain et le levé géomètre traditionnel sont ainsi virtualisés. Mais la chaîne de production actuelle est complexe et chronophage. Les livrables, notamment en milieu ferroviaire, demande de la rigueur et leur création manque d'automatisation. Devant cette complexité et le temps perdu avec la structure logicielle, 3DSI souhaite développer un logiciel, nommée « Virtual Surveying », intégrant différentes fonctionnalités propres à leurs domaines d'intervention. Le logiciel pourra évoluer avec l'entreprise, l'obtention de ses futurs marchés et au gré des souhaits clients. L'objectif final, à long terme, est l'intégration du logiciel dans un moteur 3D permettant la gestion et l'interprétation du nuage de points.

Mots-clés : scanner laser dynamique, nuage de points, développement, C#

Summary

The diversity, requests and deadlines of markets addressed by the company are all asking for different kind of deliverables. In order to answer to customer needs, 3DSI invested in a Mobile Mapping Scanning. He enables to acquire important points clouds in a short period of time. Nevertheless, it is only a tool to achieve the creation of a drawing. The software of geographic information system ArcGIS permits a visualization of the 3D points cloud. In order to create a drawing, we extract the information of the 3D points cloud with a custom application named "DynaTablette". It enables to extract coordinates of a point by attributing him a code and to generate an ASCII file. Using this file, the drawing is automatically generated with the computer-aided-design software. The ground and the traditional survey are virtualized. The production process is convoluted and time-consuming. The deliverables, in particular in railroad environment, request rigor and their creation is lacking automation. To cope with this demanding situation and the complexity of the production, 3DSI wants to develop a solution called "Virtual Surveying", integrating several functionalities specific to their business and operation. This software continues to evolve as time goes by and while the need will change. The end goal, long term, is to integrate this into a 3D engine which will manage the 3D display system.

Keywords: mobile mapping scanning, points cloud, development, C#