

CES500193

## Processus As-Built du City Rail Link: Tunnels jumeaux à 40m de profondeur

Quentin Villamaux  
Link Alliance

Loris Tarot  
Link Alliance

### Objectifs d'apprentissage

- Définir un processus de travail entre les acteurs d'un projet (plans de contrôle)
- Rassembler les données topographiques et les annotations des équipes de travaux
- Évaluer et comparer la conformité des ouvrages construits en utilisant des nuages de points
- Automatiser la mise à jour en statut tel que construit des modèles et plans de conception

### Description

Afin de refléter les conditions réelles de chantier, l'enjeu est de définir et mettre en place un processus pour la mise à jour des maquettes et plans bons pour exécution (BPE) en tel que construit. Le challenge est d'autant plus important sur ce projet de 3km de tunnels jumeaux sous le centre-ville d'Auckland. Dans ce cours, nous parlerons du workflow en abordant la définition des plans de contrôle, la réalisation des plans de récolement réalisés par les équipes construction et la vérification de la conformité des ouvrages à l'aide de nuage de points sur ReCap. Découvrez les avantages d'exploiter des données géométriques issues de Lidar, drones et points topographiques pour la mise à jour des maquettes As-Built, en utilisant Revit pour les travaux en tout corps d'états (TCE) et Civil3D pour les travaux de voiries et réseaux divers (VRD). Puis apprenez comment Dynamo peut prendre en charge l'automatisation de la génération des structures de tunnels creusés en tunnelier et en traditionnels, et des systèmes ferroviaires. Enfin, nous aborderons la collaboration sur BIM360 et la livraison au client final.

## Présentateurs



### **Quentin Villamaux**

- Coordinateur BIM chargé de la partie des tunnels creusés en traditionnels et en tunnelier.
- Diplômé de la promo 2020 de l'ESTP Paris en filière Bâtiment, Option BIM
- Originaire de la région niçoise (06), passionné d'escalade et de montagnes.

### **Loris Tarot**

- Coordinateur BIM chargé de la station d'Aotea
- Diplômé de la promo 2020 de l'ESITC Caen, Option Batiment
- Originaire de la Mayenne (53), amoureux du ballon rond.



## Introduction

L'objectif de ce groupe de discussion est de présenter le processus de mise à jour en tel que construit qui a été développé sur le projet du City Rail Link (CRL) à Auckland, qui est actuellement le plus grand projet d'infrastructure ferroviaire de Nouvelle-Zélande. L'enjeu est de définir et mettre en place un processus pour la mise à jour des maquettes BIM et plans BPE en tel que construit reflétant les conditions réelles du projet du CRL. Le challenge est d'autant plus important sur ce projet de 3km de tunnels jumeaux puisqu'il se trouve en plein centre-ville d'Auckland. En fournissant des exemples et des leçons concrètes tirés d'un projet majeur d'infrastructure ferroviaire souterraine, ce document servira de référence pour toute entreprise cherchant à mettre en œuvre la procédure de mise à jour en statut tel que construit sur un projet à venir ; les modèles BIM, les plans de conception et l'automatisation de certaines étapes.

L'accent sera mis à la fois sur l'établissement de la procédure telle que construite et sur l'utilisation des logiciels et des outils Autodesk pour automatiser le processus. Plus précisément, le workflow sera abordé à partir de la définition du processus de travail entre les différents acteurs du projet, en évoquant notamment la définition des plans de contrôle. Il sera ensuite examiné la manière de rassembler les données topographiques et les annotations des équipes de travaux, en particulier les plans de récolement réalisés par les équipes construction. Puis nous aborderons les procédés afin d'évaluer et comparer la conformité des ouvrages construits en utilisant des nuages de points notamment en utilisant ReCap ; ainsi que les avantages d'exploiter les données géomètres issues de Lidar, drones et points topographiques pour la mise à jour des maquettes As-Built, en utilisant Revit pour les travaux TCE et Civil3D pour les VRD. Enfin, il sera présenté des exemples d'automatisation pour la mise à jour en statut tel que construit des modèles BIM et plans de conception au travers de l'utilisation du plug-in interne à Revit ; Dynamo. En effet, Dynamo peut prendre en charge l'automatisation de la génération de plusieurs types d'éléments comme les structures de tunnels creusés en traditionnels ou en tunnelier, ou encore comme les systèmes ferroviaires.

## Définir un processus de travail entre les acteurs d'un projet

Le workflow sera abordé à partir de la définition du processus de travail entre les différents acteurs du projet, en évoquant notamment la définition des plans de contrôle.

### Plans d'inspection et de test (ITP)

Les ITP, en français les plans d'inspections et de tests, sont très importants. Ils sont la première étape du processus as built et rassemblent tous les documents relatifs à la gestion de la qualité des ouvrages réalisés

Ils sont rédigés par les conducteurs de travaux sous forme de "checklist" et approuvés par le client et la maîtrise d'œuvre.

Une fois complètement remplis, ces plans de contrôles permettent de clôturer les dossiers d'ouvrage exécutés (DOE).

### Workflow As built

Un workflow a été établi et mis en place pour définir les rôles des différentes équipes et optimiser la coordination entre elles.

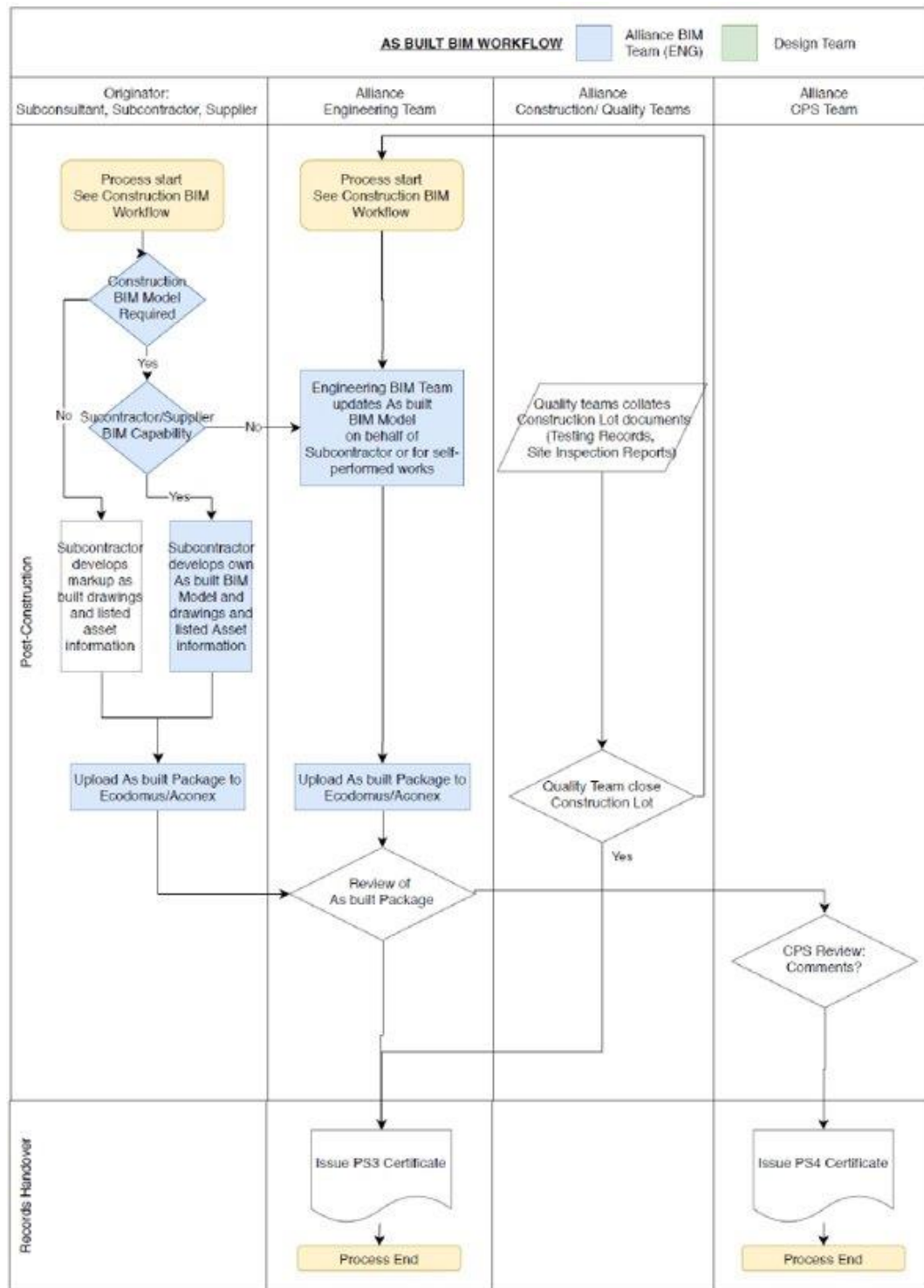
Les 4 équipes de ce processus sont:

- les fournisseurs et sous-traitants,
- l'équipe ingénierie,
- la construction et la qualité,
- la maîtrise d'œuvre d'exécutions

La quasi-totalité des disciplines impliquées dans le projet du CRL ont un modèle 3D, les disciplines majeures sont la structure, l'architecture, les MEP, VRD, systèmes ferroviaires etc...

Le workflow, ici, précise que la mise à jour des modèles et des plans as built sont réalisés par les sous-traitants s'ils en ont la capacité, dans le cas contraire c'est l'équipe d'ingénierie BIM qui s'en chargera.

Ces mises à jour sont ensuite partagées sur une plateforme as-built puis validées et certifiées par les équipes qualité et maîtrise d'œuvre d'exécution. .



## Rassembler les données topographiques et les annotations des équipes travaux

L'objectif est d'examiner la manière de rassembler les données topographiques et les annotations des équipes de travaux, en particulier les plans de récolement réalisés par les équipes construction.

Le travail as-built commence par un rassemblement des informations. Elles sont plus ou moins faciles à récupérer car les sources sont multiples:

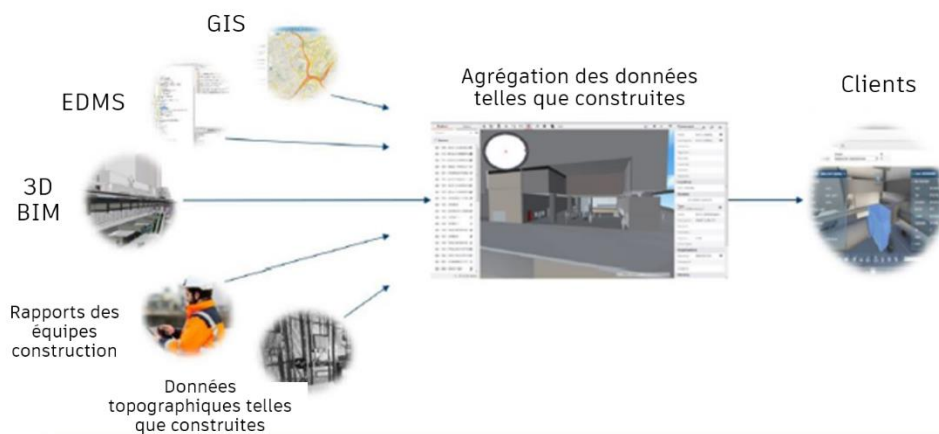
les plans inspections – Maitrise d'oeuvre

les modèles 3D – BIM

les annotations sur les plans bons pour exécution - Construction

les rapports topographiques – Géomètres

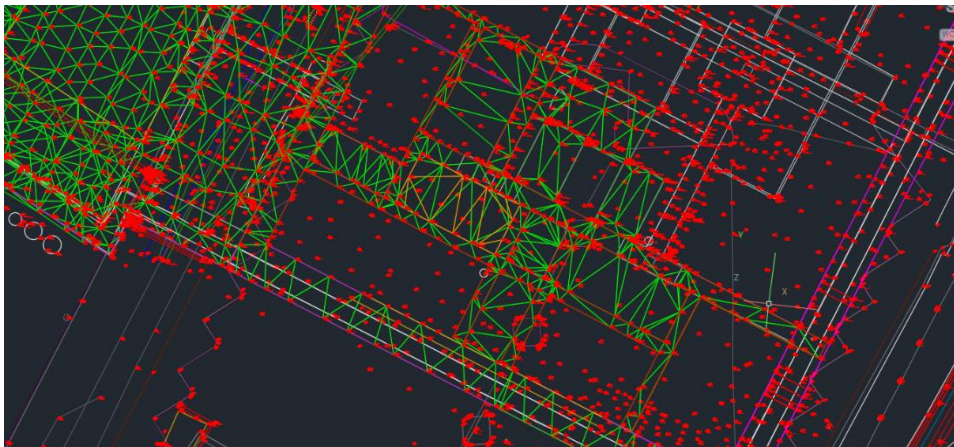
Ces données sont rassemblées sur une plateforme commune avant d'être livrées au client.



## Données topographiques

Les Géomètres fournissent plusieurs types de données qui sont exploitables en BIM pour la mise à jour en tel que construit ; des scans 3D issus de Lidar, des nuages de points, des MESH, des fichiers excel de coordonnées d'élément structuraux,...

En particulier, les géomètres mettent à jour régulièrement un fichier autocad rassemblant les points topos et les polygones. Ce fichier est très utile et simplifie le travail as built. Etant composé de plusieurs calques, en general un calque par discipline, cela permet de separer les informations necessaires et les exporter vers différents logiciels, tel que Revit pour la structure, Civil 3D pour les VRD...



## Red-lines mark-up

Les équipes construction font des annotations sur les plans bons pour exécution pour mettre en évidence les différences entre construction et design. Ces informations viennent généralement compléter les données des géomètres.

## Évaluer et comparer la conformité des ouvrages construits en utilisant des nuages de points

L'objectif ici est d'utiliser les nuages de points fournis par les géomètres afin d'évaluer la conformité des ouvrages, de les comparer par rapport au modèle et aux plans de conception et enfin de mettre à jour le modèle en statut tel que construit.

### Nuages de Points

Les nuages de points sont utilisés pour la mise à jour en statut tel que construit.

#### Données topographiques

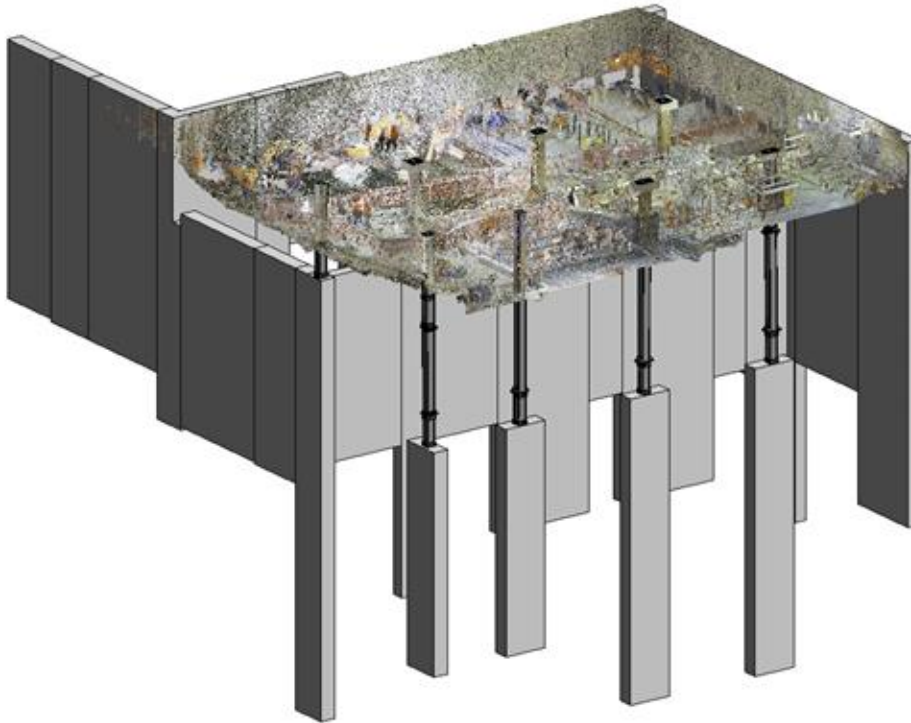
Comme vu précédemment, les nuages de points sont fournis par les géomètres. Des fichiers RCS/RCP sont partagés directement, sinon les fichiers sources au format \*.LAS. Les fichiers \*.LAS sont exploitables sur ReCap afin de créer nous-même des fichiers RCS et RCP.

### Etudes de cas : As-Built des poteaux profonds

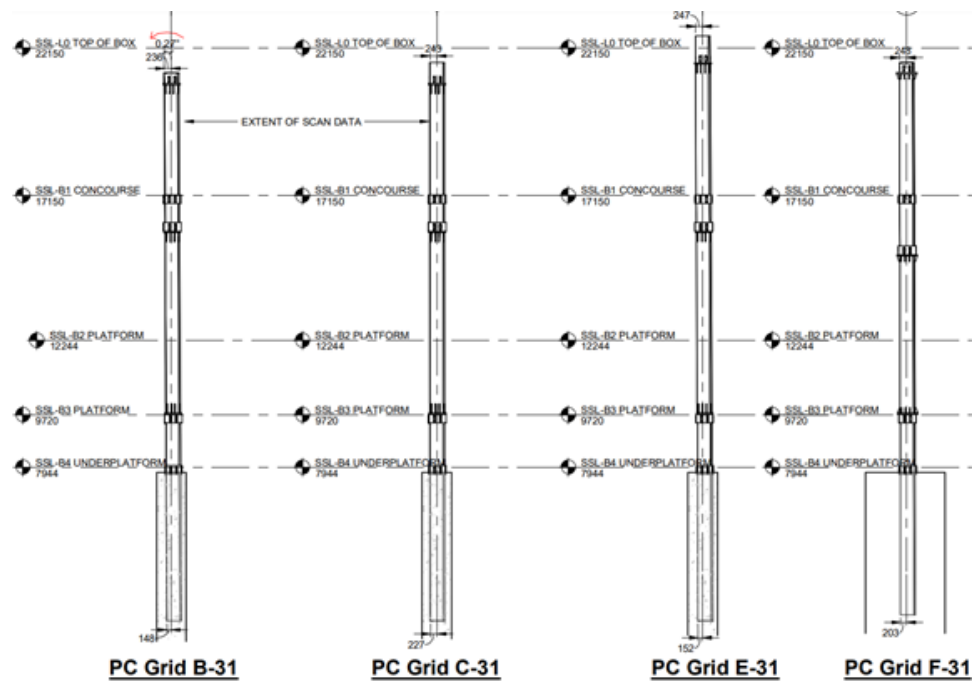
Un nuage de points est réalisé par les géomètres de la station d'Aotea puis nettoyé avec le logiciel Recap.



Le nuage de points est ensuite inséré dans le modèle Revit pour mettre à jour la position des poteaux profonds.



Une fois le modèle mis à jour, des plans as-built peuvent être produits pour mettre en évidence les différences de positions des poteaux profonds.



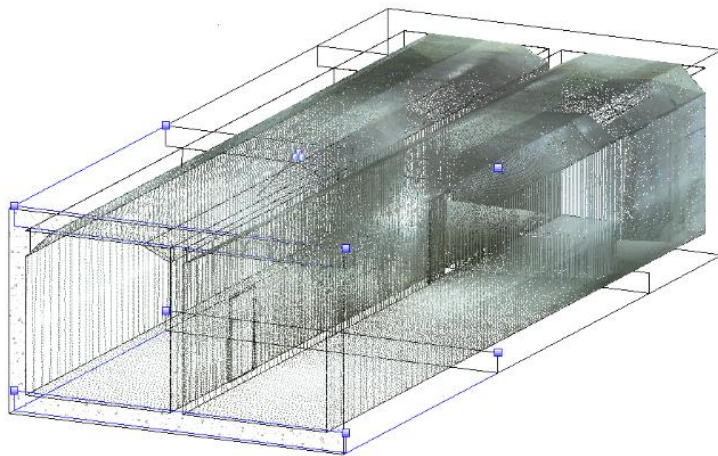
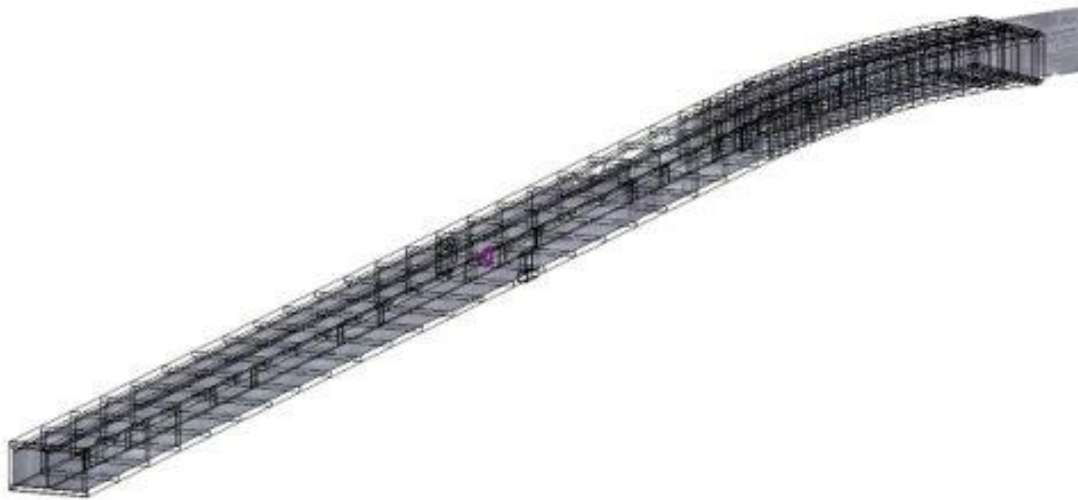
## Etudes de cas : As-Built des tranchées couvertes

Exemple de l'utilisation des nuages de points pour la mise à jour en statut tel que construit de structures telles que des tranchées couvertes.

### Mise à jour de la structure

Pour mettre à jour ce type de modèle sur Revit il s'agit principalement de repositionner les murs, dalles et chanfrein au plus près du nuage de points qui ont été liés dans le modèle 3D. Ces structures sont séquencés tous les 12m. Avec cette méthode bien que manuelle, la précision obtenue par rapport au nuage de points as-built est de  $\pm 5\text{mm}$ .

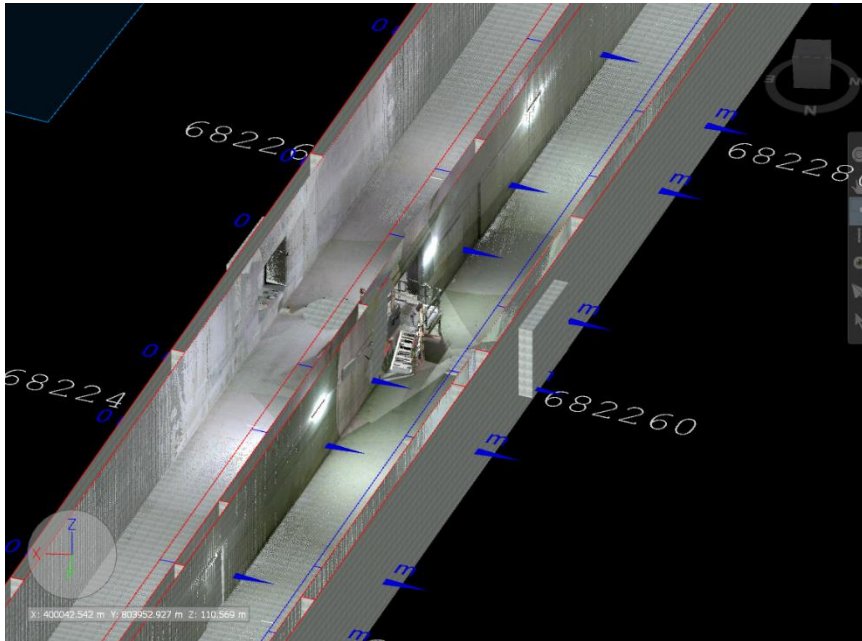
Aux zones critiques dans certaines zones il est préférable de remodeliser des murs pour coller au scan 3D.



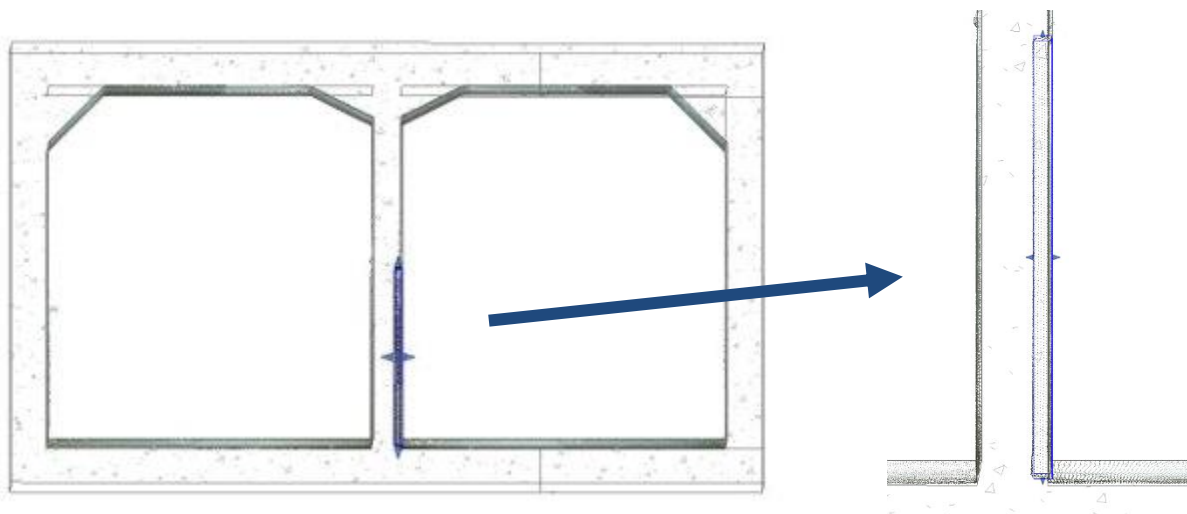
## Mise à jour des ouvertures

Pour la mise à jour de tous les types d'ouvertures, que ce soit des ouvertures de passage permanents ou temporaires, des réservations ou encore des niches, des 'voids' au sein des éléments sont réutilisés aux extrémités des nuages de points.

- Ouvertures permanentes et temporaires

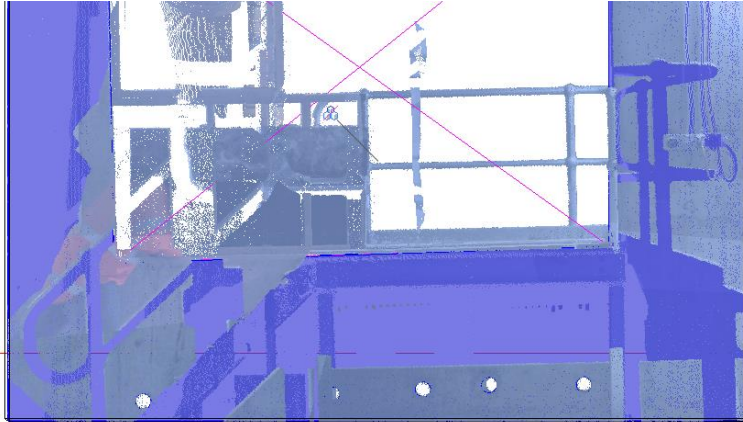


- Niches

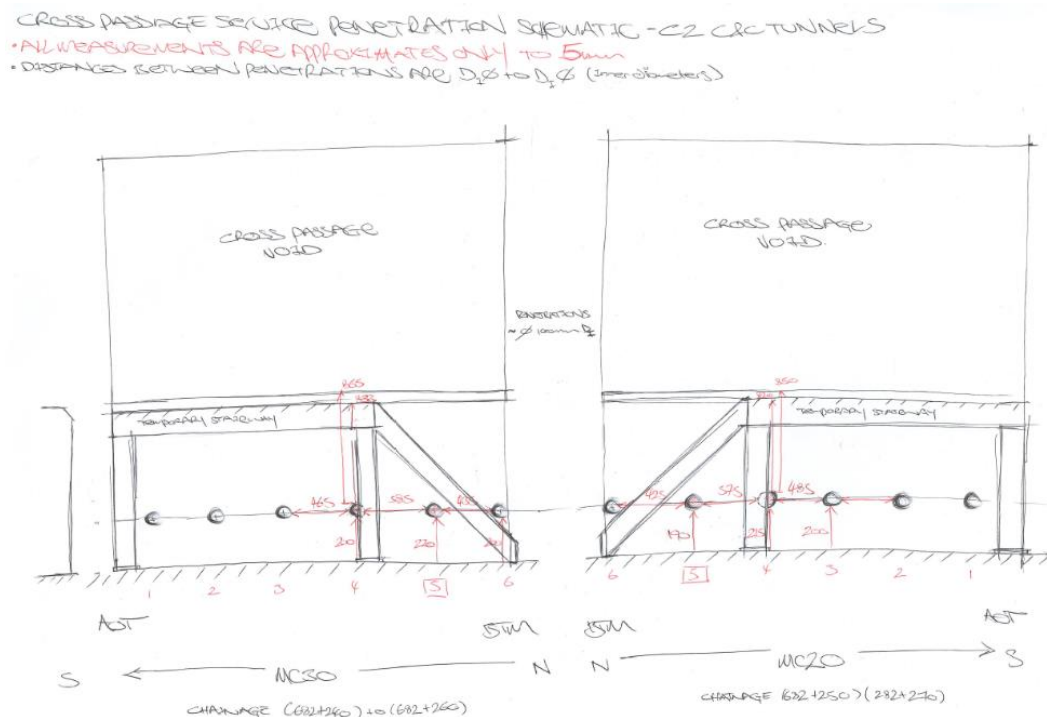


- réservations

Concernant les réservations, certaines sont visibles sur le fichier RCP de nuage de points, ce qui est ensuite assez simple à créer avec une famille revit de réservation (wall-based).



Cependant, pour une réservation en particulier les données de nuage de points des géomètres ne suffisait pas étant donné que l'ouverture se trouvait derrière un escalier temporaire et donc n'était pas visible de chaque côté du mur. Un des géomètres a du retourner dans les tunnels pour faire le relevé de cette réservation par rapport aux autres. Cela nous a permis à la fois de placer cette dernière réservation mais aussi de confirmer le positionnement de celles placées à partir des nuages de points.



## **Automatiser la mise à jour en statut tel que construit des maquettes et plans de conception**

Dynamo peut prendre en charge l'automatisation de la génération d'éléments de différents types, que ce soit pour des structures tunnels creusés en traditionnels et en tunnelier, ou même pour des systèmes ferroviaires. Ce-dernier est d'ailleurs en cours de développement. Cette automatisation sert directement pour la mise à jour en statut tel que construit des modèles BIM et plans de conception.

### **Mise à jour As-Built des tunnels**

#### **Etude de cas : Tunnels traditionnels**

L'objectif ici est de pouvoir automatiser le placement des éléments structuraux en acier des galeries. Dans notre cas il en existe deux types ; les tubes d'auvent qui servent à maintenir la voûte lors des excavations chaque 1,6m de coupe et les ceintres qui renforcent la paroi de béton projeté.

#### **Script Dynamo pour la mise à jour As-Built des tubes d'auvent**

1. Les géomètres tunnels partagent un fichier CSV des coordonnées ainsi que plusieurs rapports PDF.
2. Le fichier CSV contient les coordonnées de tous les tubes d'auvent avec un nom et une numérotation spécifiques et propres à chacun.

POSSIBLE DATA LOSS Some features might be lost if you save this workbook in the comma-delimited (.csv) format. To preserve these features, save it in an Excel file format.

A1 : X ✓ fx 21011\_1

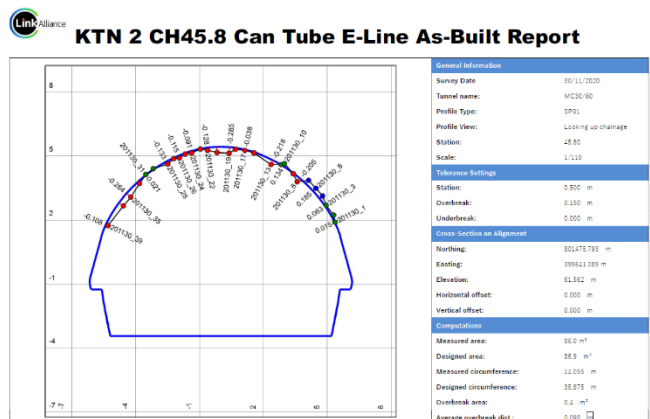
	A	B	C	D	E
1	21011_1	399643.3	801498.2	61.638	AB_CAN TUB 01
2	21011_2	399643.3	801498	62.049	AB_CAN TUN 02
3	21011_3	399643.5	801498	62.345	CAN TUB
4	21011_4	399643.6	801498.2	62.677	CAN TUB
5	21011_5	399643.8	801498	62.991	CAN TUB
6	21011_6	399643.9	801498	63.287	CAN TUB
7	21011_7	399644.2	801497.8	63.579	CAN TUB
8	21011_8	399644.4	801497.8	63.82	CAN TUB
9	21011_9	399644.6	801497.8	64.084	CAN TUB
10	21011_10	399645	801497.9	64.316	CAN TUB
11	21011_11	399645.2	801497.8	64.528	CAN TUB
12	21011_12	399645.5	801497.7	64.705	CAN TUB
13	21011_13	399645.7	801497.5	64.861	CAN TUB
14	21011_14	399646	801497.4	65.057	CAN TUB
15	21011_15	399646.3	801497.2	65.237	CAN TUB
16	21011_16	399646.6	801497.2	65.372	CAN TUB
17	21011_17	399646.9	801497	65.462	CAN TUB
18	21011_18	399647.2	801496.8	65.516	CAN TUB
19	21011_19	399647.5	801496.8	65.572	CAN TUB
20	21011_20	399647.9	801496.6	65.605	CAN TUB
21	21011_21	399648.2	801496.7	65.602	CAN TUB
22	21011_22	399648.5	801496.5	65.547	CAN TUB
23	21011_23	399648.8	801496.3	65.457	CAN TUB
24	21011_24	399649.2	801496.3	65.375	CAN TUB
25	21011_25	399649.5	801496.3	65.229	CAN TUB
26	21011_26	399649.8	801496	65.127	CAN TUB
27	21011_27	399650.1	801495.9	64.899	CAN TUB
28	21011_28	399650.3	801495.8	64.707	CAN TUB
29	21011_29	399650.6	801495.6	64.54	CAN TUB
30	21011_30	399650.9	801495.8	64.342	CAN TUB
31	21011_31	399651.2	801495.8	64.082	CAN TUB
32	21011_32	399651.4	801495.7	63.838	CAN TUB
33	21011_33	399651.6	801495.7	63.593	CAN TUB
34	21011_34	399651.8	801495.6	63.287	CAN TUB
35	21011_35	399651.9	801495.4	62.968	CAN TUB

MTE KTN2 CANOPY TUBES-210210

3. Chaque rapport PDF contient le dessin et la description des tubes d'avent situés aux chaînages respectifs.

4. Convertir le fichier CSV reçu en format \*.XLSX.

- ASBUILT CANOPY TUBE KTN1-2 201207
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN1-2 DEVIATION-210128
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN1-3 201222
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN1-3 DEVIATION-210128
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN1-4 210112
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN1-4 DEVIATION-210128
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN2 BOTTOM HEADING R2 210203
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN2 CH45.80-201130
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN2 CH50.30-201125
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN2 CH54.89-201119
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN2 DEVIATION-210128
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN2-201109
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN5 CH5.5-210215
- ASBUILT CANOPY TUBE KTN5 CH11.5-210210



5. Identifier les coordonnées à chaque chaînage à l'aide de la nomenclature du fichier .xlsx et du rapport d'enquête PDF. Dans l'image ci-dessous, les coordonnées 201109\_1 à 201109\_39 appartiennent au chaînage

no. KTN2-201109-SBEAM. Il y a un total de 40 tubes de canopée pour KTN-2.

MTE KTN2 CANOPY TUBES-210210					try KTN2-201109-SBEAM	try KTN2 CH54.89-201119	try KTN2 CH50.30-201125	try KTN2 CH45.80-201130	KTN ...
	A	B	C	D	E				
1	201109_1	399632.2460	801465.9580	63.9360	ASB CAN01				
2	201109_2	399632.4210	801465.9340	64.2580	ASB CAN02				
3	201109_3	399632.4680	801465.8790	64.5250	ASB CAN03				
4	201109_4	399632.7830	801465.8850	64.8360	ASB CAN04				
5	201109_5	399632.9830	801465.8290	65.0950	ASB CAN05				
6	201109_6	399633.2330	801465.7600	65.3560	ASB CAN06				
7	201109_7	399633.4880	801465.6520	65.6200	ASB CAN07				
8	201109_8	399633.7430	801465.5930	65.8580	ASB CAN08				
9	201109_9	399633.9900	801465.4980	66.0970	ASB CAN09				
10	201109_10	399634.2790	801465.4430	66.2500	ASB CAN10				
11	201109_11	399634.5560	801465.3630	66.4440	ASB CAN11				
12	201109_12	399634.8450	801465.3380	66.6210	ASB CAN12				
13	201109_13	399635.1650	801465.1800	66.8260	ASB CAN13				
14	201109_14	399635.4390	801465.0070	66.9760	ASB CAN14				
15	201109_15	399635.7750	801464.8780	67.1040	ASB CAN15				
16	201109_16	399636.0400	801464.7880	67.2210	ASB CAN16				
17	201109_17	399636.3490	801464.6980	67.2780	ASB CAN17				
18	201109_18	399636.6810	801464.5290	67.3580	ASB CAN18				
19	201109_19	399637.0180	801464.3940	67.3670	ASB CAN19				
20	201109_20	399637.3440	801464.2990	67.4030	ASB CAN20				
21	201109_21	399637.6470	801464.0400	67.3580	ASB CAN21				
22	201109_22	399637.9680	801463.9710	67.3300	ASB CAN22				
23	201109_23	399638.3140	801463.8210	67.2850	ASB CAN23				
24	201109_24	399638.6300	801463.6960	67.2140	ASB CAN24				
25	201109_25	399638.9050	801463.5140	67.1430	ASB CAN25				
26	201109_26	399639.2030	801463.3510	66.9730	ASB CAN26				
27	201109_27	399639.4430	801463.1900	66.8080	ASB CAN27				
28	201109_28	399639.7480	801463.0600	66.6680	ASB CAN28				
29	201109_29	399640.0190	801462.9280	66.4590	ASB CAN29				
30	201109_30	399640.2930	801462.8180	66.2880	ASB CAN30				
31	201109_31	399640.5370	801462.6320	66.0860	ASB CAN31				
32	201109_32	399640.8410	801462.5720	65.8670	ASB CAN32				
33	201109_33	399641.0850	801462.4890	65.6650	ASB CAN33				
34	201109_34	399641.2540	801462.3580	65.3990	ASB CAN34				
35	201109_35	399641.4600	801462.2780	65.1340	ASB CAN35				
36	201109_36	399641.6920	801462.1750	64.8680	ASB CAN36				

- Créer des feuilles excel séparées pour les différents chainages, comme par exemple : KTN2 CH54.89-201119, KTN2 CH50.30-201125, KTN2 CH45.80-201130 et ainsi de suite.

	A	B	C	D	E	F
1	201114_1	399643	801462.5	60.579	LAT GIRD INTRADOS	
2	201114_2	399642.8	801462.6	62.142	LAT GIRD INTRADOS	
3	201114_3	399642.4	801462.7	63.612	LAT GIRD INTRADOS	
4	201114_4	399641	801463.4	65.522	LAT GIRD INTRADOS	
5	201114_5	399639.4	801464.1	66.622	LAT GIRD INTRADOS	
6	201114_6	399637.7	801465	67.116	LAT GIRD INTRADOS	
7	201114_7	399635.9	801465.7	66.726	LAT GIRD INTRADOS	
8	201114_8	399634.4	801466.4	65.793	LAT GIRD INTRADOS	
9	201114_9	399633.1	801466.9	64.189	LAT GIRD INTRADOS	
10	201114_10	399632.4	801467.1	62.351	LAT GIRD INTRADOS	
11	201114_11	399632.1	801467.1	60.793	LAT GIRD INTRADOS	
12	201118_1	399643.5	801465	60.64	LAT GIRD INTRADOS	
13	201118_2	399643.3	801464.9	62.317	LAT GIRD INTRADOS	
14	201118_3	399642.8	801464.9	63.729	LAT GIRD INTRADOS	
15	201118_4	399641.5	801465.2	65.493	LAT GIRD INTRADOS	
16	201118_5	399639.7	801465.8	66.698	LAT GIRD INTRADOS	
17	201118_6	399638	801466.4	67.083	LAT GIRD INTRADOS	
18	201118_7	399636.4	801467	66.74	LAT GIRD INTRADOS	
19	201118_8	399634.6	801467.5	65.572	LAT GIRD INTRADOS	
20	201118_9	399633.3	801468	63.849	LAT GIRD INTRADOS	
21	201118_10	399632.9	801468.2	62.449	LAT GIRD INTRADOS	
22	201118_11	399632.6	801468.4	60.735	LAT GIRD INTRADOS	
23	201119_1	399643.8	801465.4	60.704	LAT GIRD INTRADOS	
24	201119_2	399643.6	801465.5	62.424	LAT GIRD INTRADOS	
25	201119_3	399643.1	801465.7	63.821	LAT GIRD INTRADOS	
26	201119_4	399641.6	801466.3	65.732	LAT GIRD INTRADOS	
27	201119_5	399640	801466.8	66.712	LAT GIRD INTRADOS	
28	201119_6	399638.4	801467.4	67.035	LAT GIRD INTRADOS	
29	201119_7	399636.6	801467.9	66.66	LAT GIRD INTRADOS	
30	201119_8	399634.7	801468.5	65.373	LAT GIRD INTRADOS	
31	201119_9	399633.5	801468.8	63.786	LAT GIRD INTRADOS	
32	201119_10	399633	801468.9	62.394	LAT GIRD INTRADOS	
33	201119_11	399632.7	801469	60.684	LAT GIRD INTRADOS	
34	201120_1	399644.3	801466.4	60.718	GIRDER BOTTOM	
35	201120_2	399643.9	801466.5	62.44	GIRDER BOTTOM	
36	201120_3	399643.4	801466.7	63.807	GIRDER BOTTOM	

- Estimer le nombre total de tubes d'auvent et le nombre total de points relevés par les géomètres pour chaque tube d'auvent..

- Par exemple : KTN-2 a 40 tubes d'auvent avec 4 points relevés par les géomètres à leurs chaînages respectifs..

- A l'aide du fichier topographique en .XLSX et du rapport PDF, estimer l'ordre des chaînages et mettez-le en relation avec l'ordre des relevés géomètres des tube d'auvent.

- Par exemple, pour KTN-2, aux chaînages suivants:
  - KTN2-201109-SBEAM - 1er point du tube d'auvent
  - KTN2 CH54.89-201119 - 2ème point du tube d'auvent
  - KTN2 CH50.30-201125 - 3ème point du tube d'auvent
  - KTN2 CH45.80-201130 - 4ème point du tube d'auvent

- Certains tubes d'auvent peuvent avoir des points manquants. Il est important de laisser ces lignes respectives vides dans le fichier .xlsx.

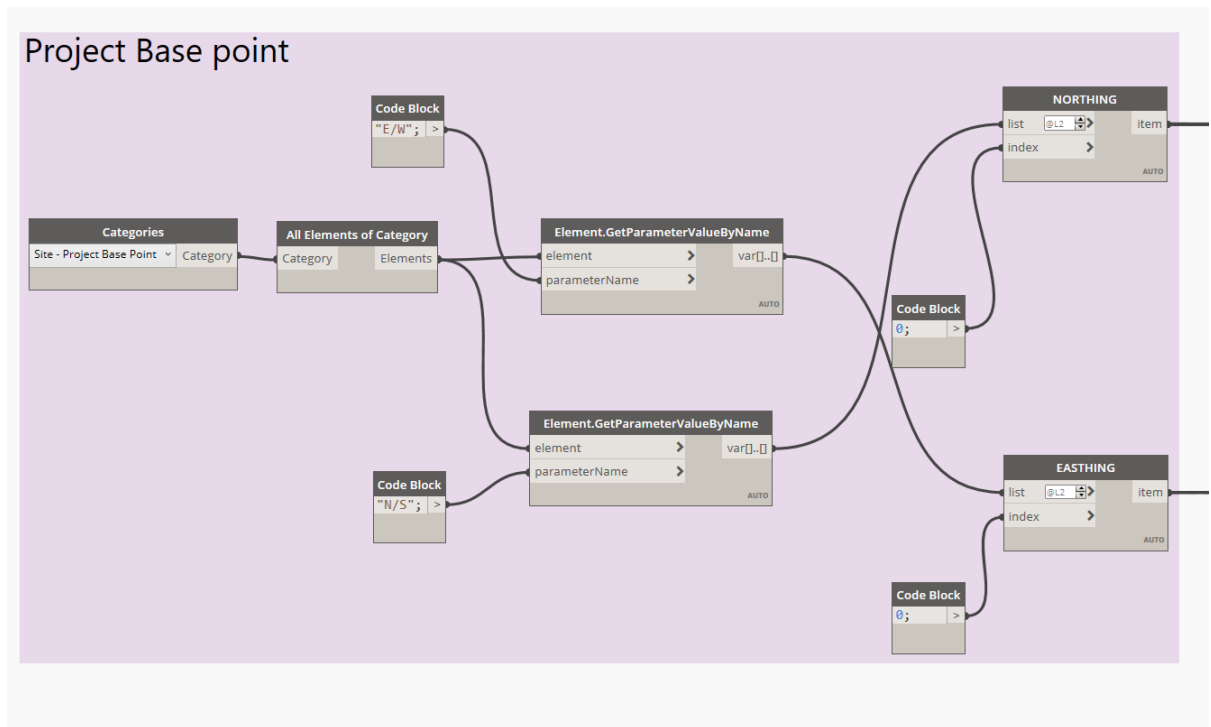
- Par exemple dans l'image ci-dessous, pour KTN-2 à CH45.80-201130, les points topos des tubes d'auvent suivants sont manquants :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	399636.1020	801477.8060	63.4490												
2	399636.1580	801477.7780	63.7790												
3	399636.5180	801477.7440	64.2330												
4	399636.6750	801477.6740	64.6770												
5															
6	399636.9490	801477.4960	65.0390												
7	399637.3380	801477.5960	65.4090												
8	399637.8700	801477.4730	65.3400												
9	399638.0060	801477.3170	65.7180												
10	399638.4090	801477.2280	66.1900												
11	399638.5830	801477.2370	66.1440												
12															
13	399639.0270	801477.0690	66.1470												
14															
15															
16	399639.8020	801476.8720	66.6890												
17	399640.2230	801476.7800	66.8040												
18	399640.5910	801476.4750	66.8610												
19	399640.8130	801476.1990	66.6830												
20															
21	399641.3630	801476.0440	66.7190												
22	399641.8170	801476.0200	66.8120												
23	399642.1030	801475.8050	66.8760												
24	399642.4960	801475.6800	66.6950												
25	399642.7560	801475.5220	66.6470												
26	399643.0170	801475.4270	66.4640												
27	399643.2420	801475.2210	66.4330												
28	399643.5580	801475.3040	66.1760												
29															
30	399644.1970	801475.0680	65.9600												
31	399644.5160	801474.9240	65.6850												
32	399644.7630	801474.7300	65.2680												
33															
34															
35	399645.1630	801474.6300	64.6280												
36	399645.4940	801474.5410	64.2160												

10. Le script dynamo fonctionne de la façon suivante :

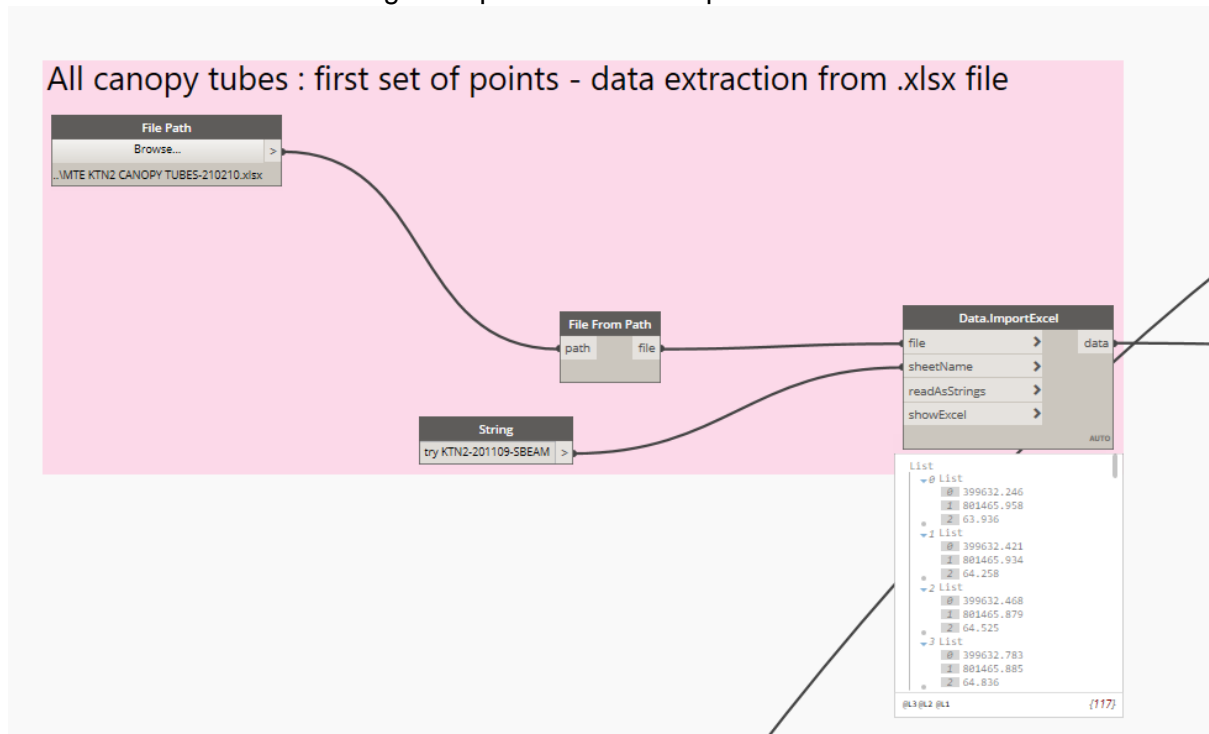
- Créer une ligne en connectant le premier point à travers les points intermédiaires jusqu'au dernier point.
- La distance du tube d'auvent est appliquée à cette ligne. Ceci est crucial surtout si le dernier point de relevé du tube d'auvent est manquant dans le fichier \*.XLSX.
- Assignment de la famille structurelle Revit à cette ligne.
- The first step of the dynamo script refers to the project base point.

11. La première étape du script dynamo fait référence au point de base du projet.

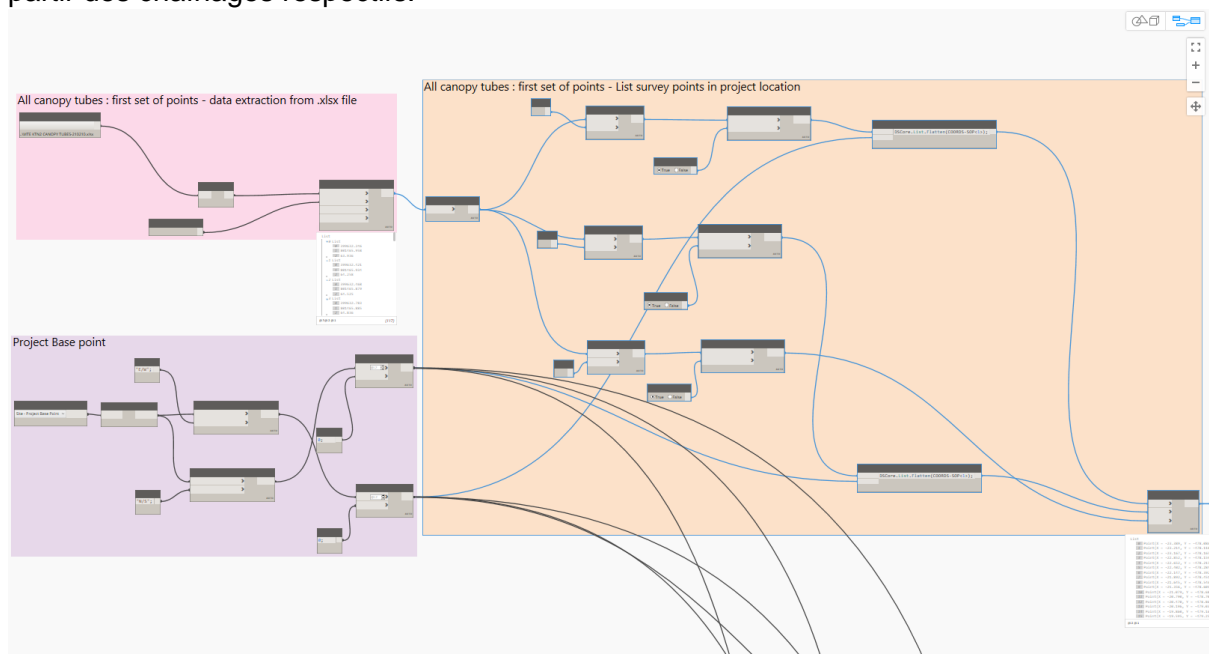


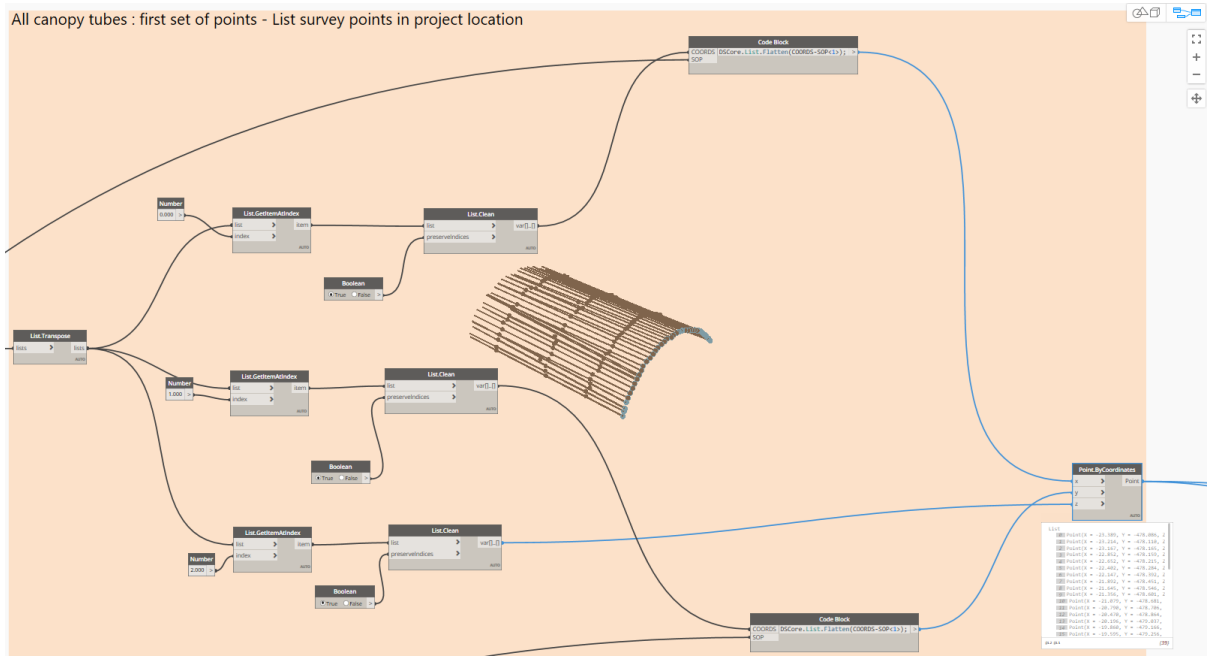
12. Les coordonnées topographiques sont extraites du fichier \*.XLSX de la gallerie

13. spécifique, par exemple : KTN-2. Dans ce fichier \*.XLSX, les coordonnées sont extraites des feuilles excel aux chaînages respectifs. Par exemple KTN2-201109-SBEAM

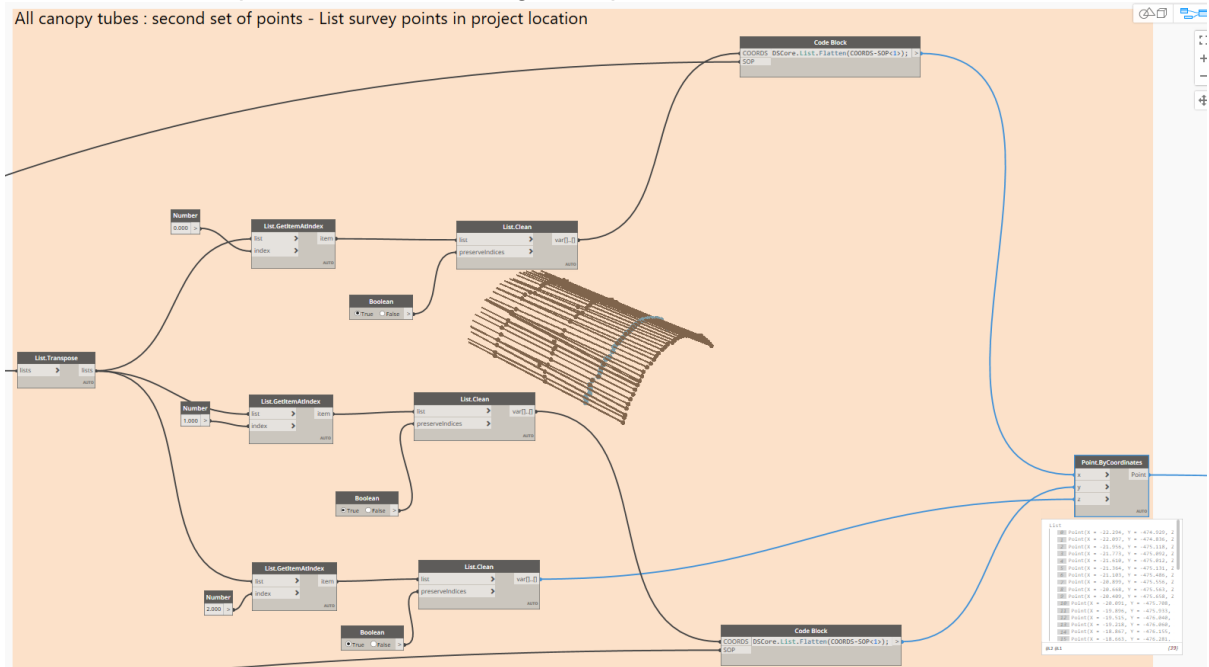


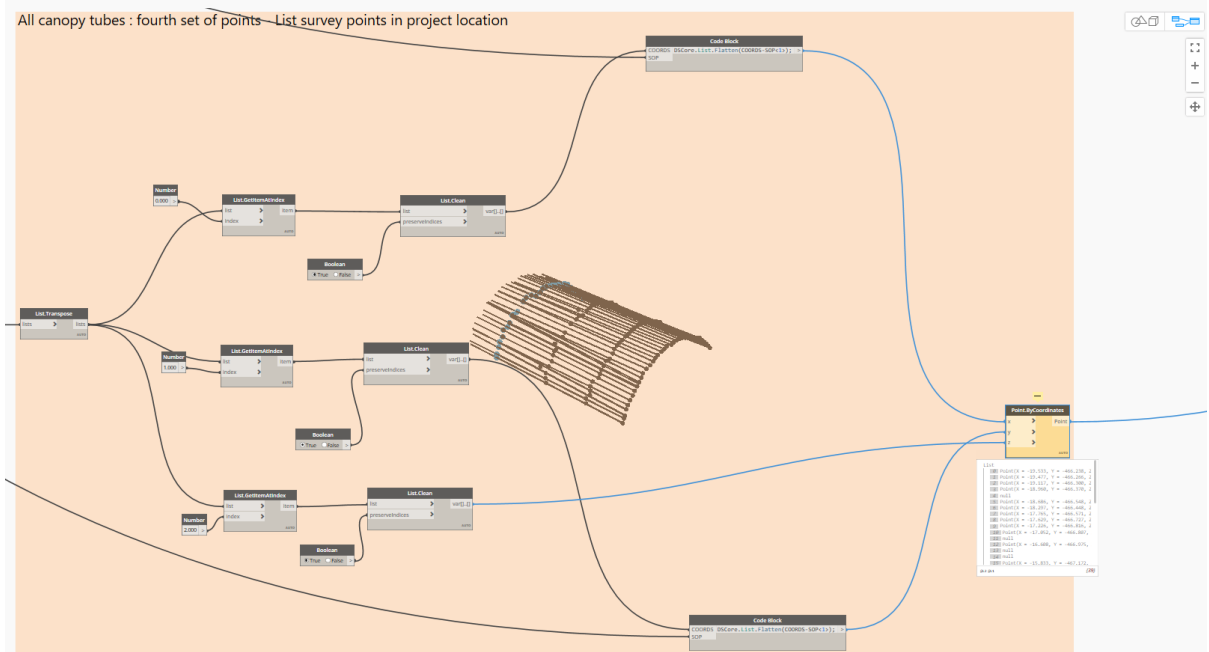
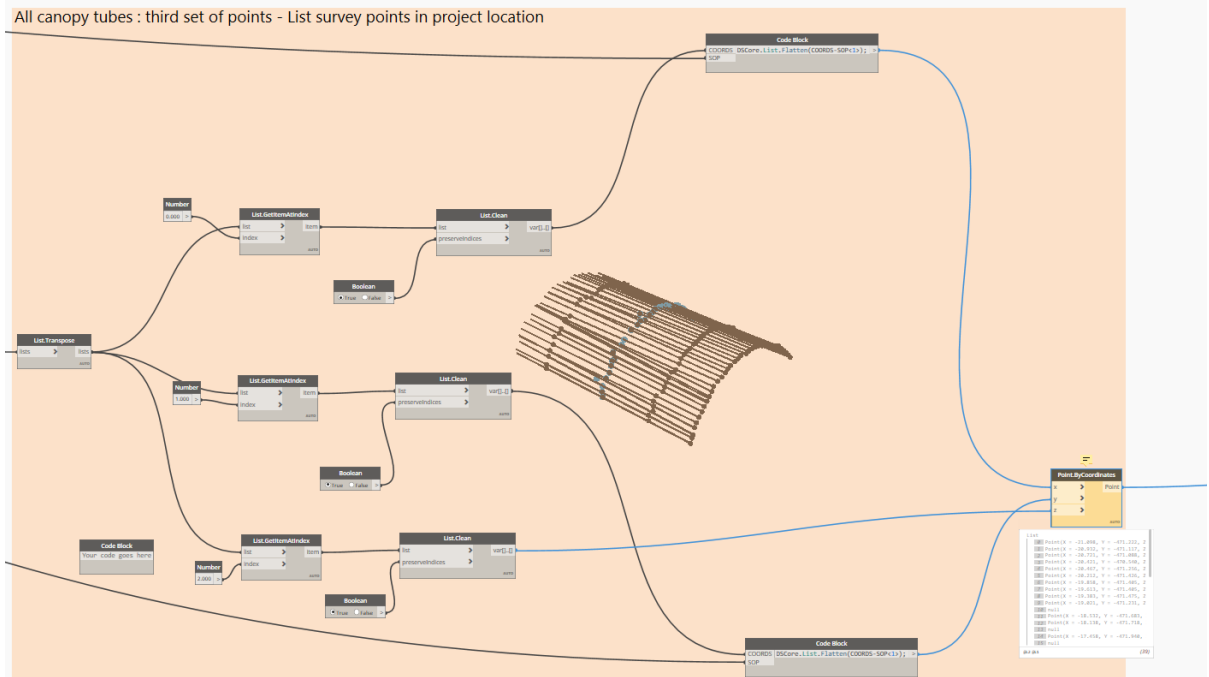
14. Répéter l'étape ci-dessus pour tous les chaînages de cette galerie.
15. Extraire chacun des 4 points topos d'un tube d'auvent et ainsi de suite pour autres, à partir des chaînages respectifs.



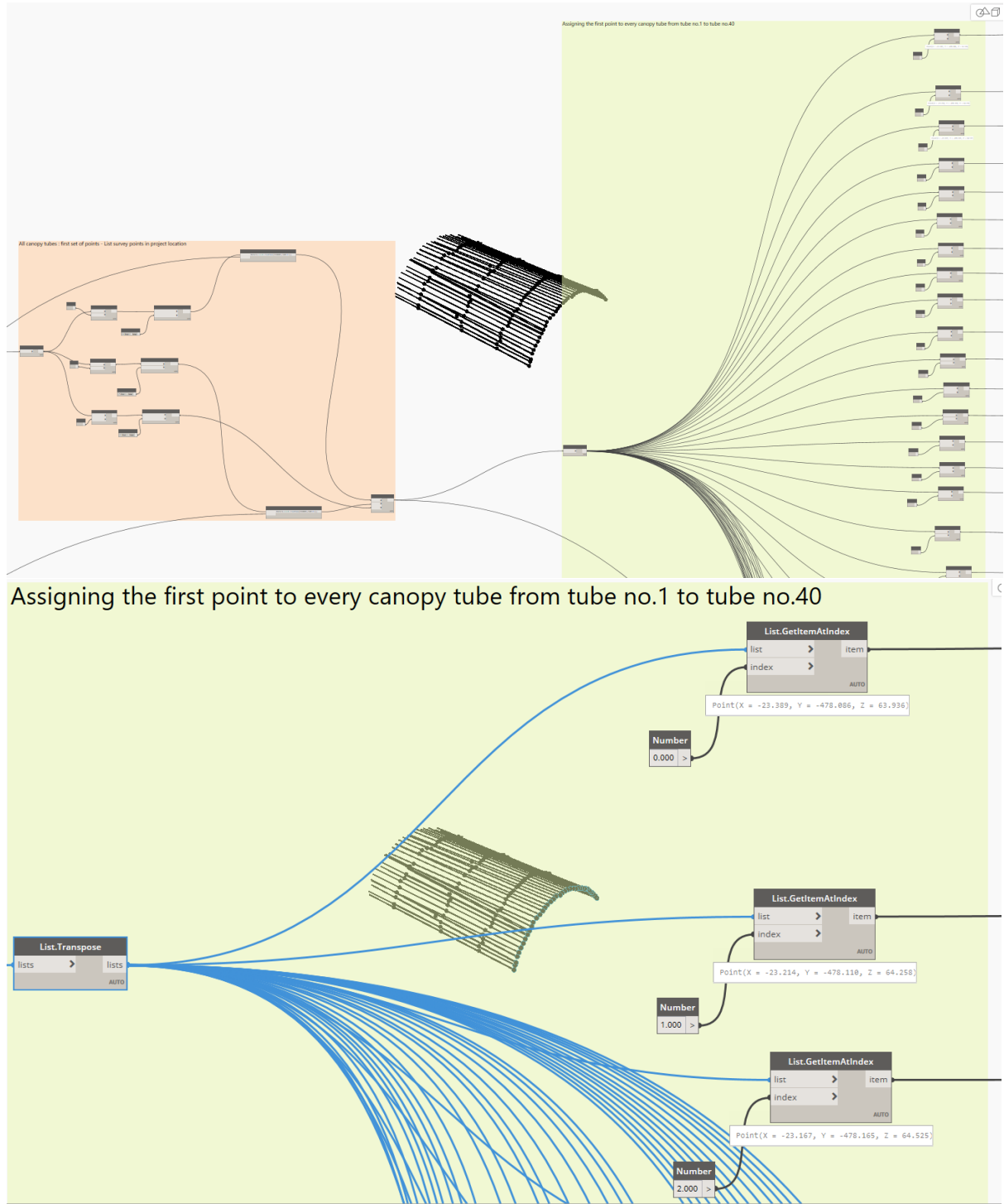


16. Répéter l'étape ci-dessus pour l'ensemble des points restants pour les tubes d'auvent, encore une fois à partir de leurs chaînages respectifs.



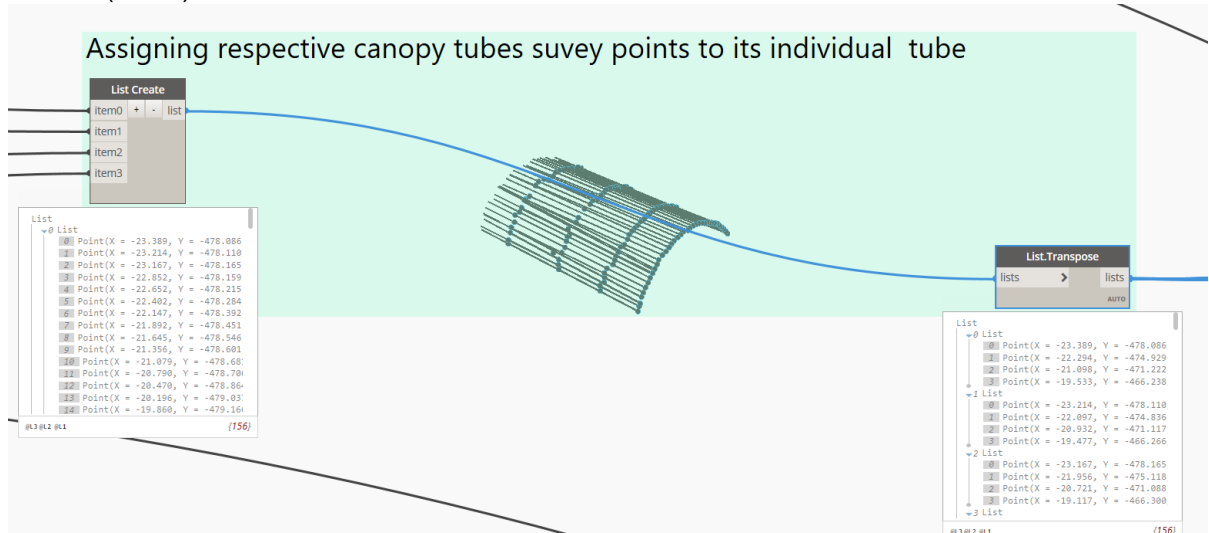


17. Créer la ligne en spécifiant le premier point pour tous les tubes d'avent (ici 40). Cette étape est cruciale car elle déterminera non seulement le premier point de la ligne mais aussi sa direction.

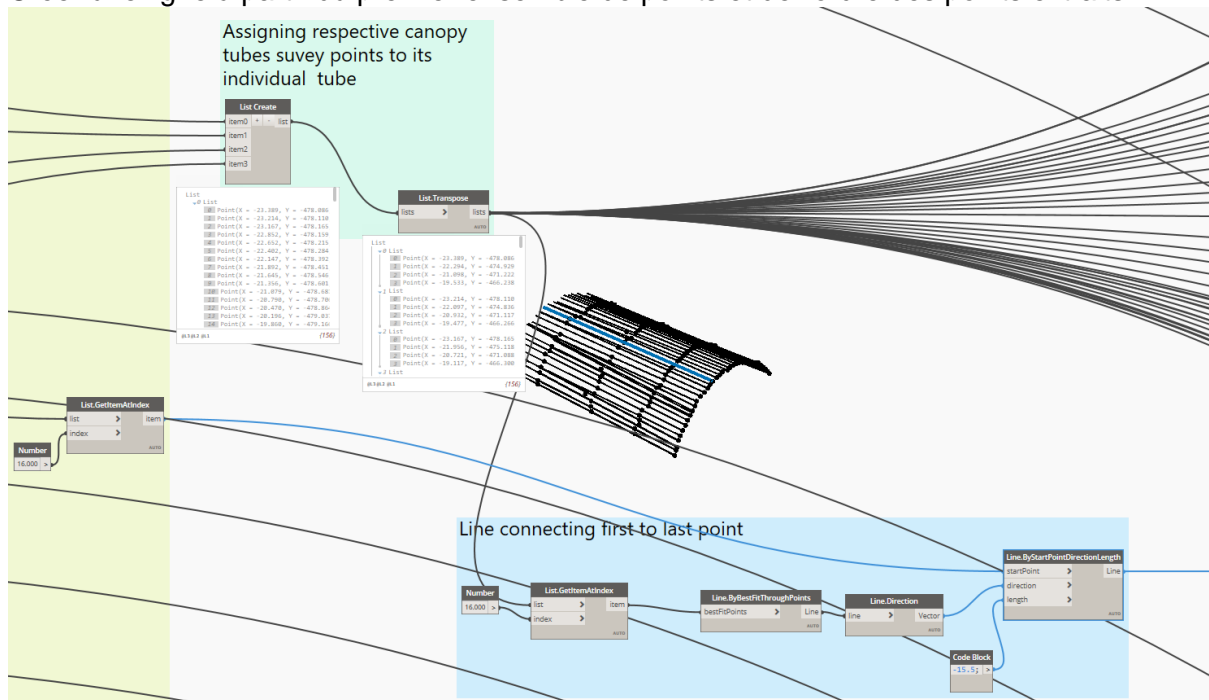


18. A partir de la liste de points créée aux points 15 et 16 ci-dessus, affecter les points topos à leurs tubes d'auvent respectifs.

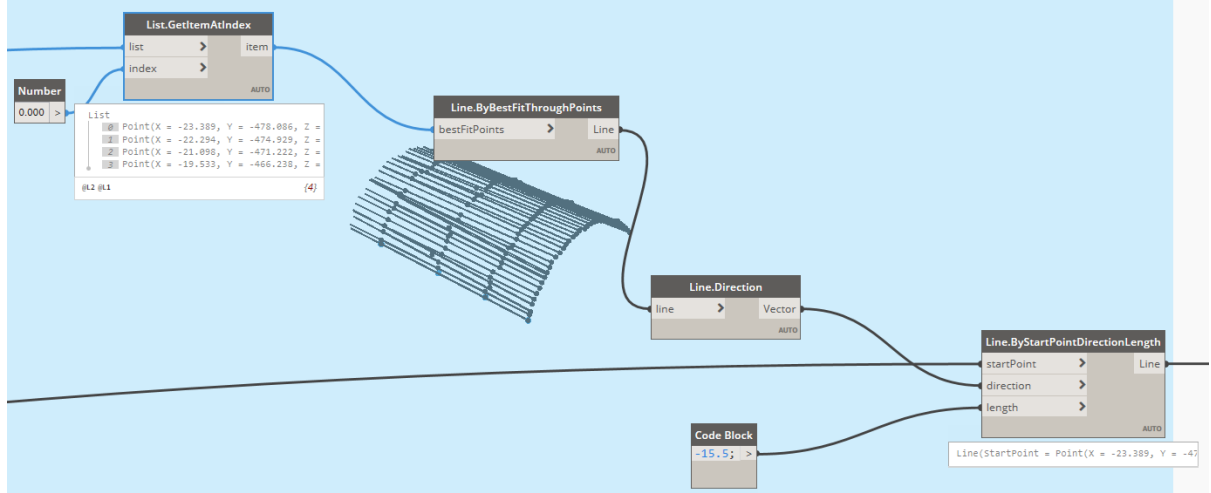
- Par exemple : les premières coordonnées topographiques (ordonné n°1 dans le fichier \*.XLSX) à KTN2-201109-SBEAM, KTN2 CH54.89-201119, KTN2 CH50.30-201125 et KTN2 CH45.80-201130 forment respectivement la ligne du premier tube d'auvent. De la même manière, l'ordre des autres tubes d'auvent (ici 40) est listé.



19. Créer une ligne à partir du premier ensemble de points et de l'ordre des points extraits.



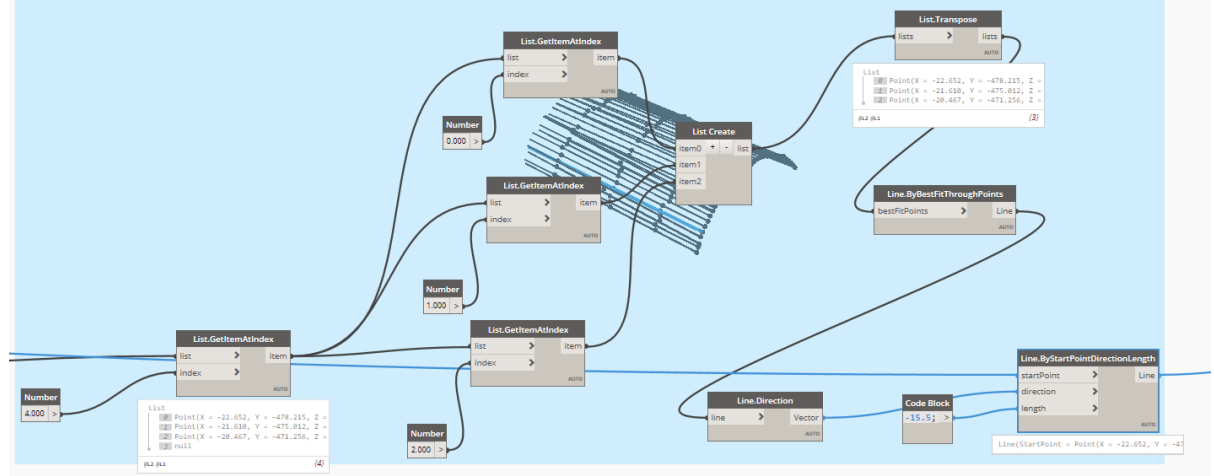
## Line connecting first to last point



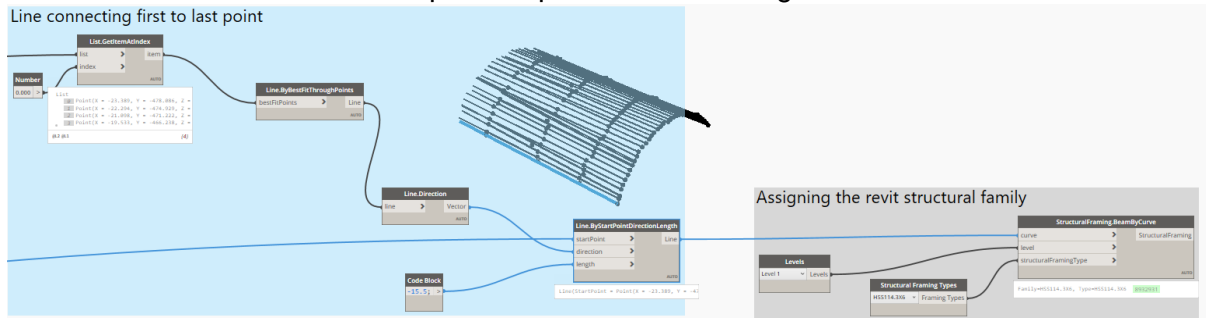
20. Dans les cas où l'un des 4 points tops d'un tube d'auvent est manquant, la ligne peut ne pas être créée. L'ordre des points doit alors être spécifié à nouveau.

- Par exemple, le tube d'auvent n°4 ; son 4ème et dernier point est manquant dans le rapport topographiques, par conséquent la ligne est créée en utilisant seulement 3 coordonnées et une longueur spécifiée à partir de son premier point.

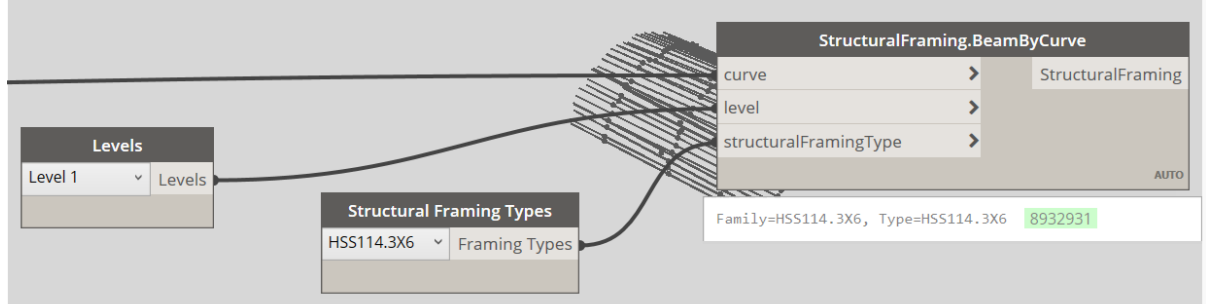
## Line connecting first to last point



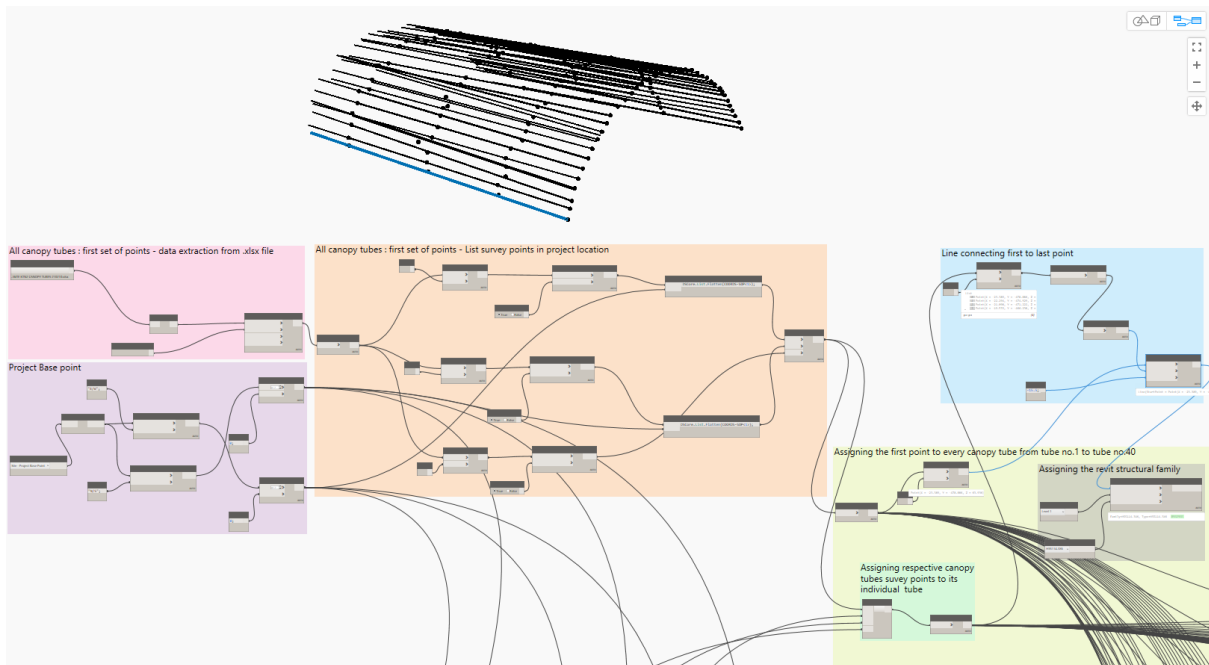
21. La famille structurale Revit est spécifiée pour suivre cette ligne.



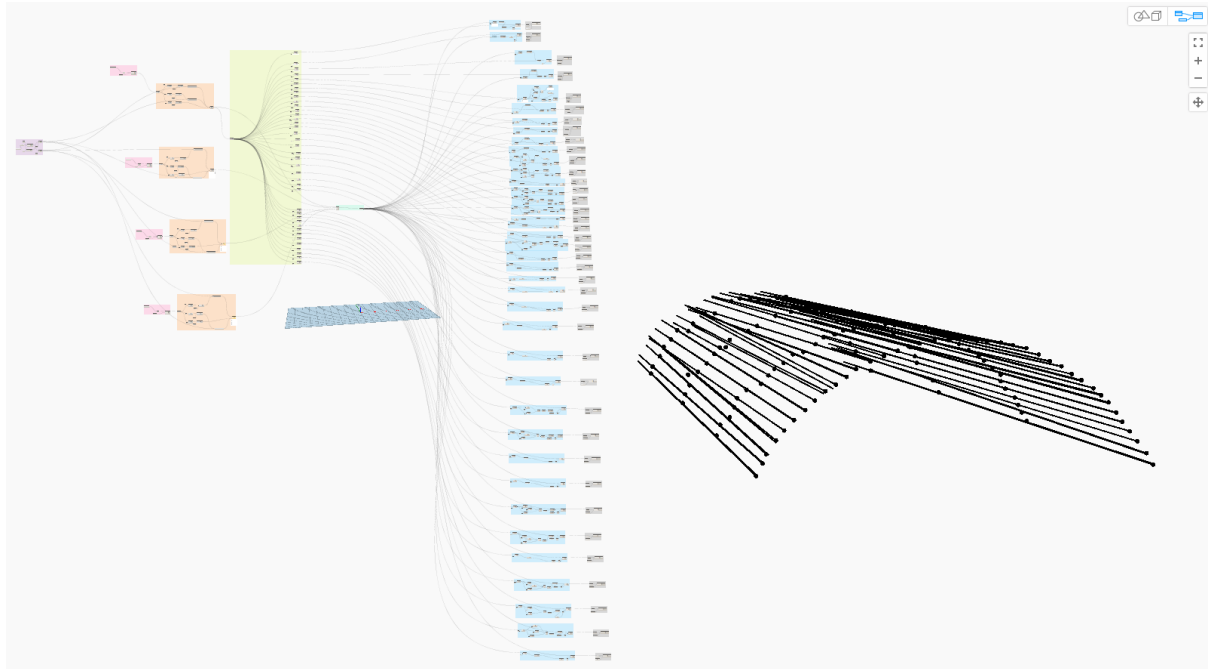
## Assigning the revit structural family



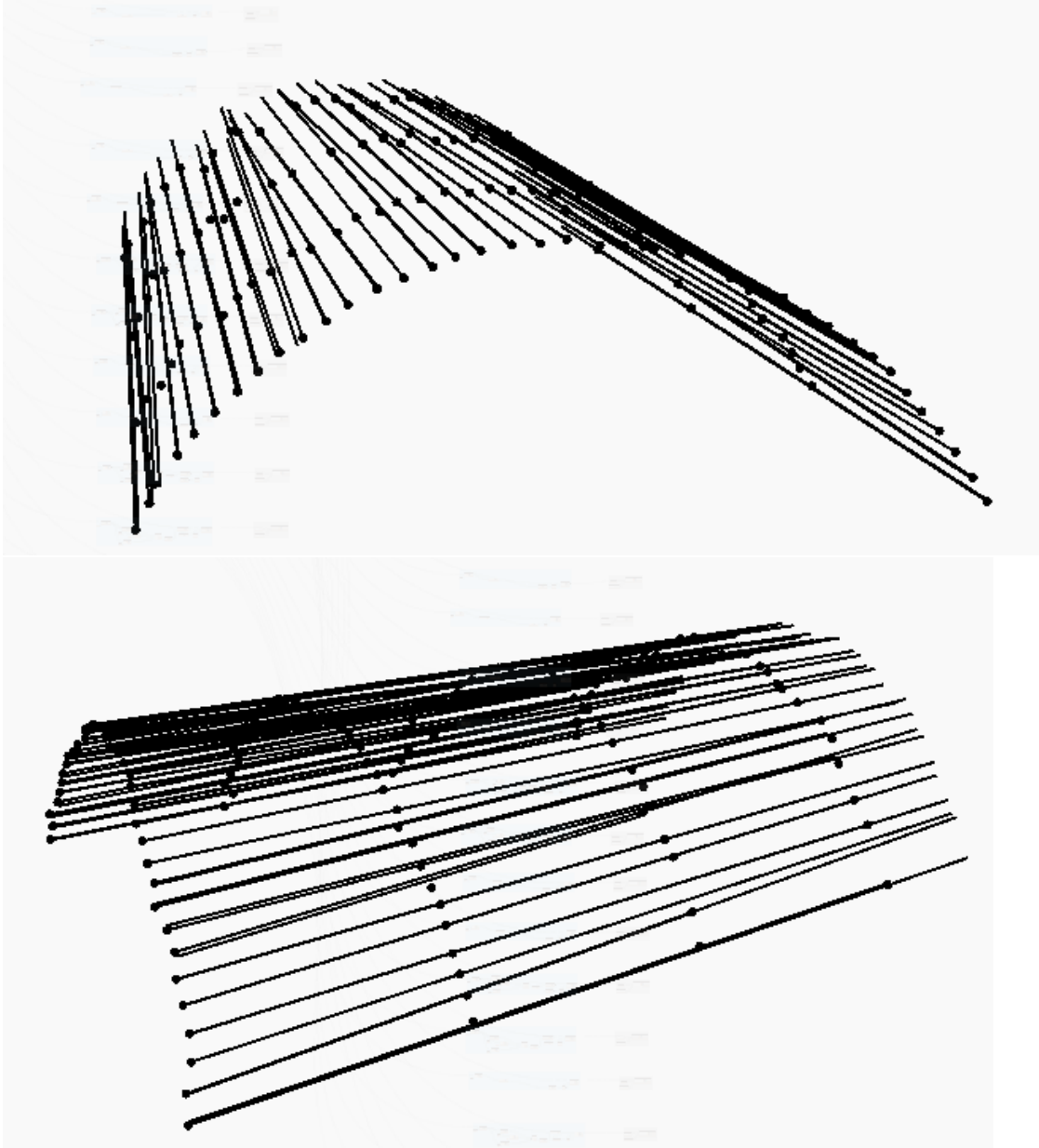
22. Vue d'ensemble du script pour un seul tube d'avant



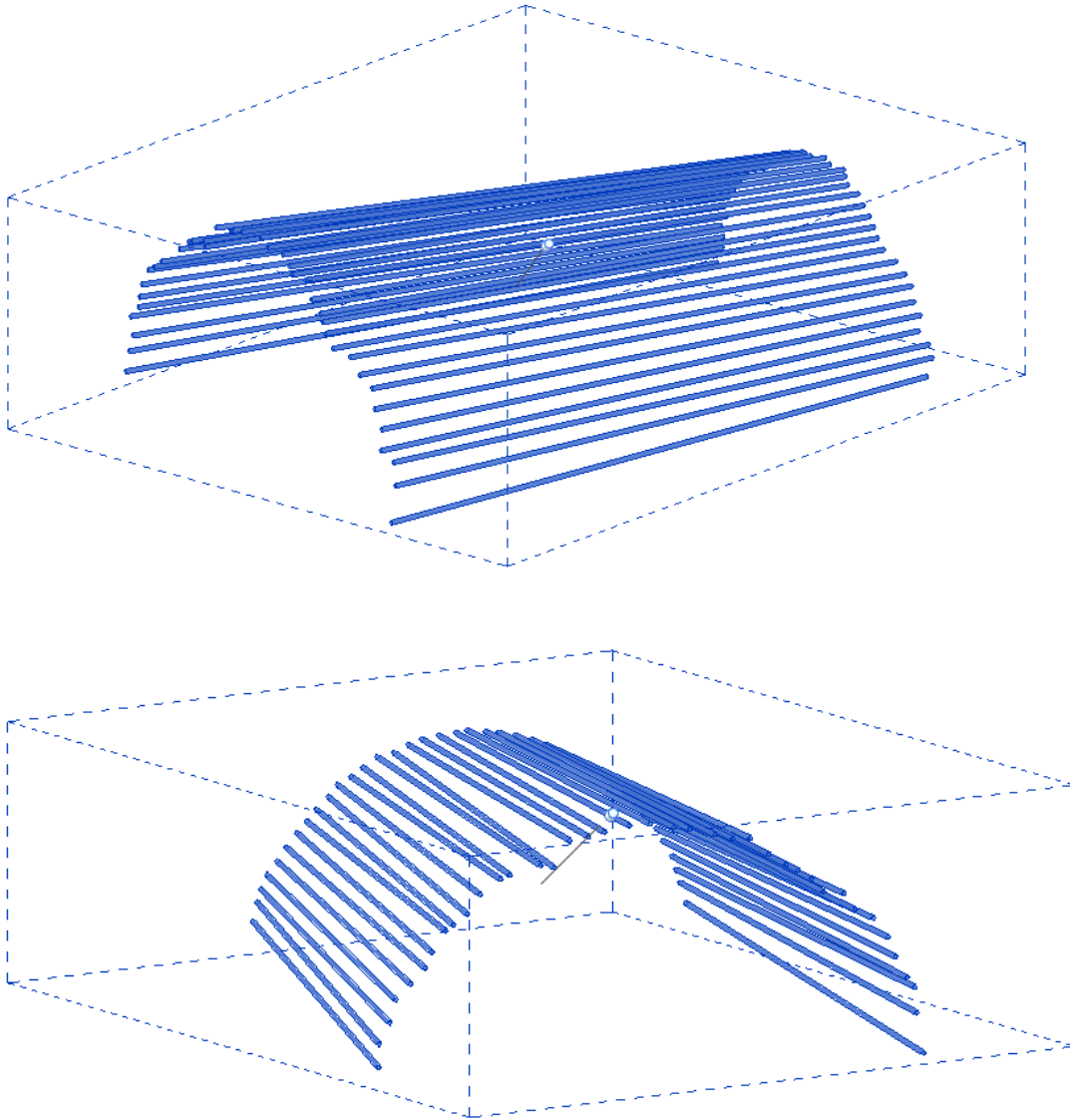
23. Vue d'ensemble du script dynamo pour 40 tubes d'auvent pour la galerie KTN-2 relevées à 4 chaînages.



24. Vue d'ensemble des tubes d'auvent dans l'espace géométrique dynamo.



25. Vue d'ensemble des tubes d'auvent dans l'espace de projet Revit.



## Script Dynamo pour la mise à jour As-Built des ceintres

26. L'équipe topographique fournit des rapports et fichiers au format \*.CSV contenant les coordonnées de chaque connection en acier.
27. Le fichier CSV contient les coordonnées de chaque ceintres suivant un nom codifier et une numérotation.

Clipboard Font Alignment Number









POSSIBLE DATA LOSS Some features might be lost if you save this workbook in the comma-delimited (.csv) format. To preserve these features, save it in an Excel file format. Don't show again

N12

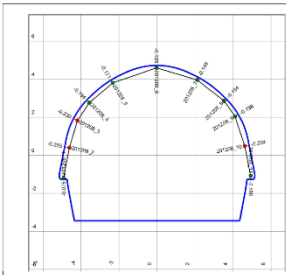
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	201114_1	399643	801462.5	60.579	LAT GIRD INTRADOS												
2	201114_2	399642.8	801462.6	62.142	LAT GIRD INTRADOS												
3	201114_3	399642.4	801462.7	63.612	LAT GIRD INTRADOS												
4	201114_4	399641	801463.4	65.522	LAT GIRD INTRADOS												
5	201114_5	399639.4	801464.1	66.622	LAT GIRD INTRADOS												
6	201114_6	399637.7	801465	67.116	LAT GIRD INTRADOS												
7	201114_7	399635.9	801465.7	66.726	LAT GIRD INTRADOS												
8	201114_8	399634.4	801466.4	65.793	LAT GIRD INTRADOS												
9	201114_9	399633.1	801466.9	64.189	LAT GIRD INTRADOS												
10	201114_10	399632.4	801467.1	62.351	LAT GIRD INTRADOS												
11	201114_11	399632.1	801467.1	60.793	LAT GIRD INTRADOS												
12	201118_1	399643.5	801465	60.64	LAT GIRD INTRADOS												
13	201118_2	399643.3	801464.9	62.317	LAT GIRD INTRADOS												
14	201118_3	399642.8	801464.9	63.729	LAT GIRD INTRADOS												
15	201118_4	399641.5	801465.2	65.493	LAT GIRD INTRADOS												
16	201118_5	399639.7	801465.8	66.698	LAT GIRD INTRADOS												
17	201118_6	399638	801466.4	67.083	LAT GIRD INTRADOS												
18	201118_7	399636.4	801467	66.74	LAT GIRD INTRADOS												
19	201118_8	399634.6	801467.5	65.572	LAT GIRD INTRADOS												
20	201118_9	399633.3	801468	63.849	LAT GIRD INTRADOS												
21	201118_10	399632.9	801468.2	62.449	LAT GIRD INTRADOS												
22	201118_11	399632.6	801468.4	60.735	LAT GIRD INTRADOS												
23	201119_1	399643.8	801465.4	60.704	LAT GIRD INTRADOS												
24	201119_2	399643.6	801465.5	62.424	LAT GIRD INTRADOS												
25	201119_3	399643.1	801465.7	63.821	LAT GIRD INTRADOS												
26	201119_4	399641.6	801466.3	65.732	LAT GIRD INTRADOS												
27	201119_5	399640	801466.8	66.712	LAT GIRD INTRADOS												
28	201119_6	399638.4	801467.4	67.035	LAT GIRD INTRADOS												
29	201119_7	399636.6	801467.9	66.66	LAT GIRD INTRADOS												
30	201119_8	399634.7	801468.5	65.373	LAT GIRD INTRADOS												
31	201119_9	399633.5	801468.8	63.786	LAT GIRD INTRADOS												
32	201119_10	399633	801468.9	62.394	LAT GIRD INTRADOS												
33	201119_11	399632.7	801469	60.684	LAT GIRD INTRADOS												
34	201120_1	399644.3	801466.4	60.718	GIRDER BOTTOM												
35	201120_2	399643.9	801466.5	62.44	GIRDER BOTTOM												

28. Chaque rapport topographique en pdf contient le plan et la description de chaque ceintre.

Name

-  KTN 1-1 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-2 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-3 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-4 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-5 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-6 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-7 Lattice Girder As Built
-  KTN 1-8 Lattice Girder As Built

**KTN 1-1 Lattice Girder As-Built Report**



General Information	
Survey Date	08/11/2018
Survey Name	08/11/2018
Profile Type	UPSIDE - 1000A
Profile View	CORRECTED (0.000)
Station	0.000
Scale	1:500

Reference Settings	
Profile	Verticals of profile by Profile - 1000A
NOTE	It is used in conjunction with the horizontal position
vertical report	

Cross Section at Station	
Height	0.000 m
Existing	0.000 m
Proposed	0.000 m
Horizontal offset	0.000 m
Vertical offset	0.000 m

29. Convertir le CSV en format excel .xlsx.
30. Identifier les coordonnées qui se rapporte à chaque ceintre dans le fichier excel en se basant sur la numérotation en se référant aux rapports PDF respectifs.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	201114_1	399643	801462	60.579	LAT GIRD INTRADOS			
2	201114_2	399643	801463	62.142	LAT GIRD INTRADOS			
3	201114_3	399642	801463	63.612	LAT GIRD INTRADOS			
4	201114_4	399641	801463	65.522	LAT GIRD INTRADOS			
5	201114_5	399639	801464	66.622	LAT GIRD INTRADOS			
6	201114_6	399638	801465	67.116	LAT GIRD INTRADOS			
7	201114_7	399636	801466	66.726	LAT GIRD INTRADOS			
8	201114_8	399634	801466	65.793	LAT GIRD INTRADOS			
9	201114_9	399633	801467	64.189	LAT GIRD INTRADOS			
10	201114_10	399632	801467	62.351	LAT GIRD INTRADOS			
11	201114_11	399632	801467	60.793	LAT GIRD INTRADOS			
12	201118_1	399644	801465	60.64	LAT GIRD INTRADOS			
13	201118_2	399643	801465	62.317	LAT GIRD INTRADOS			
14	201118_3	399643	801465	63.729	LAT GIRD INTRADOS			
15	201118_4	399641	801465	65.493	LAT GIRD INTRADOS			
16	201118_5	399640	801466	66.698	LAT GIRD INTRADOS			
17	201118_6	399638	801466	67.083	LAT GIRD INTRADOS			
18	201118_7	399636	801467	66.74	LAT GIRD INTRADOS			
19	201118_8	399635	801468	65.572	LAT GIRD INTRADOS			
20	201118_9	399633	801468	63.849	LAT GIRD INTRADOS			
21	201118_10	399633	801468	62.449	LAT GIRD INTRADOS			
22	201118_11	399633	801468	60.735	LAT GIRD INTRADOS			
23	201119_1	399644	801465	60.704	LAT GIRD INTRADOS			
24	201119_2	399644	801466	62.424	LAT GIRD INTRADOS			
25	201119_3	399643	801466	63.821	LAT GIRD INTRADOS			
26	201119_4	399642	801466	65.732	LAT GIRD INTRADOS			
27	201119_5	399640	801467	66.712	LAT GIRD INTRADOS			
28	201119_6	399638	801467	67.035	LAT GIRD INTRADOS			
29	201119_7	399637	801468	66.66	LAT GIRD INTRADOS			
30	201119_8	399635	801468	65.373	LAT GIRD INTRADOS			
31	201119_9	399634	801469	63.786	LAT GIRD INTRADOS			
32	201119_10	399633	801469	62.394	LAT GIRD INTRADOS			
33	201119_11	399633	801469	60.684	LAT GIRD INTRADOS			
34	201120_1	399644	801466	60.718	GIRDER BOTTOM			
35	201120_2	399644	801467	62.44	GIRDER BOTTOM			
36	201120_3	399643	801467	63.807	GIRDER BOTTOM			
37	201120_4	399642	801467	65.494	GIRDER BOTTOM			
38	201120_5	399640	801468	66.62	GIRDER BOTTOM			
39	201120_6	399639	801468	67.008	GIRDER BOTTOM			
40	201120_7	399637	801469	66.63	GIRDER BOTTOM			
41	201120_8	399635	801469	65.446	GIRDER BOTTOM			
42	201120_9	399634	801470	63.748	GIRDER BOTTOM			
43	201120_10	399633	801470	62.381	GIRDER BOTTOM			
44	201120_11	399633	801470	60.674	GIRDER BOTTOM			

31. Créer des feuilles excel séparées pour chaque ceintre; ex: KTN-1, KTN-2,...

	A	B	C	D	E	F
1	201114_1	399643	801462.5	60.579	LAT GIRD INTRADOS	
2	201114_2	399642.8	801462.6	62.142	LAT GIRD INTRADOS	
3	201114_3	399642.4	801462.7	63.612	LAT GIRD INTRADOS	
4	201114_4	399641	801463.4	65.522	LAT GIRD INTRADOS	
5	201114_5	399639.4	801464.1	66.622	LAT GIRD INTRADOS	
6	201114_6	399637.7	801465	67.116	LAT GIRD INTRADOS	
7	201114_7	399635.9	801465.7	66.726	LAT GIRD INTRADOS	
8	201114_8	399634.4	801466.4	65.793	LAT GIRD INTRADOS	
9	201114_9	399633.1	801466.9	64.189	LAT GIRD INTRADOS	
10	201114_10	399632.4	801467.1	62.351	LAT GIRD INTRADOS	
11	201114_11	399632.1	801467.1	60.793	LAT GIRD INTRADOS	
12	201118_1	399643.5	801465	60.64	LAT GIRD INTRADOS	
13	201118_2	399643.3	801464.9	62.317	LAT GIRD INTRADOS	
14	201118_3	399642.8	801464.9	63.729	LAT GIRD INTRADOS	
15	201118_4	399641.5	801465.2	65.493	LAT GIRD INTRADOS	
16	201118_5	399639.7	801465.8	66.698	LAT GIRD INTRADOS	
17	201118_6	399638	801466.4	67.083	LAT GIRD INTRADOS	
18	201118_7	399636.4	801467	66.74	LAT GIRD INTRADOS	
19	201118_8	399634.6	801467.5	65.572	LAT GIRD INTRADOS	
20	201118_9	399633.3	801468	63.849	LAT GIRD INTRADOS	
21	201118_10	399632.9	801468.2	62.449	LAT GIRD INTRADOS	
22	201118_11	399632.6	801468.4	60.735	LAT GIRD INTRADOS	
23	201119_1	399643.8	801465.4	60.704	LAT GIRD INTRADOS	
24	201119_2	399643.6	801465.5	62.424	LAT GIRD INTRADOS	
25	201119_3	399643.1	801465.7	63.821	LAT GIRD INTRADOS	
26	201119_4	399641.6	801466.3	65.732	LAT GIRD INTRADOS	
27	201119_5	399640	801466.8	66.712	LAT GIRD INTRADOS	
28	201119_6	399638.4	801467.4	67.035	LAT GIRD INTRADOS	
29	201119_7	399636.6	801467.9	66.66	LAT GIRD INTRADOS	
30	201119_8	399634.7	801468.5	65.373	LAT GIRD INTRADOS	
31	201119_9	399633.5	801468.8	63.786	LAT GIRD INTRADOS	
32	201119_10	399633	801468.9	62.394	LAT GIRD INTRADOS	
33	201119_11	399632.7	801469	60.684	LAT GIRD INTRADOS	
34	201120_1	399644.3	801466.4	60.718	GIRDER BOTTOM	
35	201120_2	399643.9	801466.5	62.44	GIRDER BOTTOM	
36	201120_3	399643.4	801466.7	63.807	GIRDER BOTTOM	

LATTICE GIRDER AS-BUILT-210210
KTN1-1
KTN1-2
KTN1-3
KTN1-4
KTN1-5
KTN1-6
KTN1-7
KTN1-8

Ready

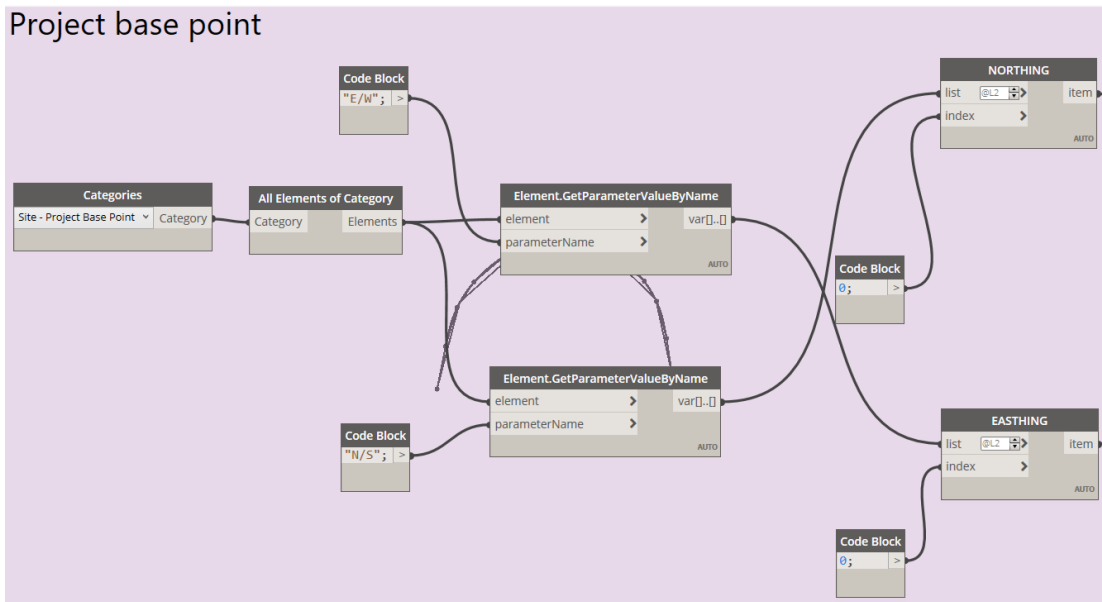
32. Les feuilles excel respectives uniques à chaque ceintre doivent contenir 3 colonnes coorespondant aux coordonnées XYZ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	399646	801475.1	60.375											
2	399645.8	801475.2	61.935											
3	399645.4	801475.4	63.363											
4	399644.8	801475.6	64.302											
5	399643.6	801476	65.341											
6	399641.5	801476.8	66.129											
7	399639.4	801477.5	65.494											
8	399638.1	801477.9	64.39											
9	399637.5	801478	63.576											
10	399637	801478.1	62.027											
11	399636.7	801478.2	60.488											
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														

LATTICE GIRDER AS-BUILT-210210
KTN1-1
KTN1-2
KTN1-3
KTN1-4
KTN1-5
KTN1-6
KTN1-7
KTN1-8

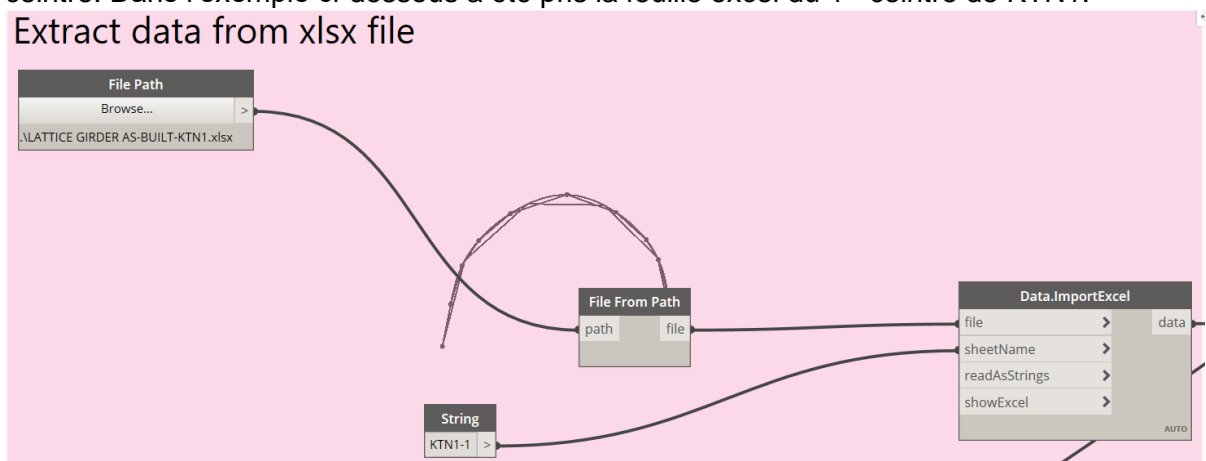
33. Lier l'excel au script dynamo - [KTN-1 V1](#)
34. Le script dynamo doit être activé pour un ceintre à la fois. Cela va permettre de faciliter la modélisation de chaque ceintre individuellement dans l'espace Revit (se référer à la partie n18). C'est pourquoi les groupes de nodes pour les autres ceintre doivent être gelés pendant que le script est activé pour le ceintre en création.
35. La première étape du script Dynamo consiste à configurer le Project base point correctement.

Project base point

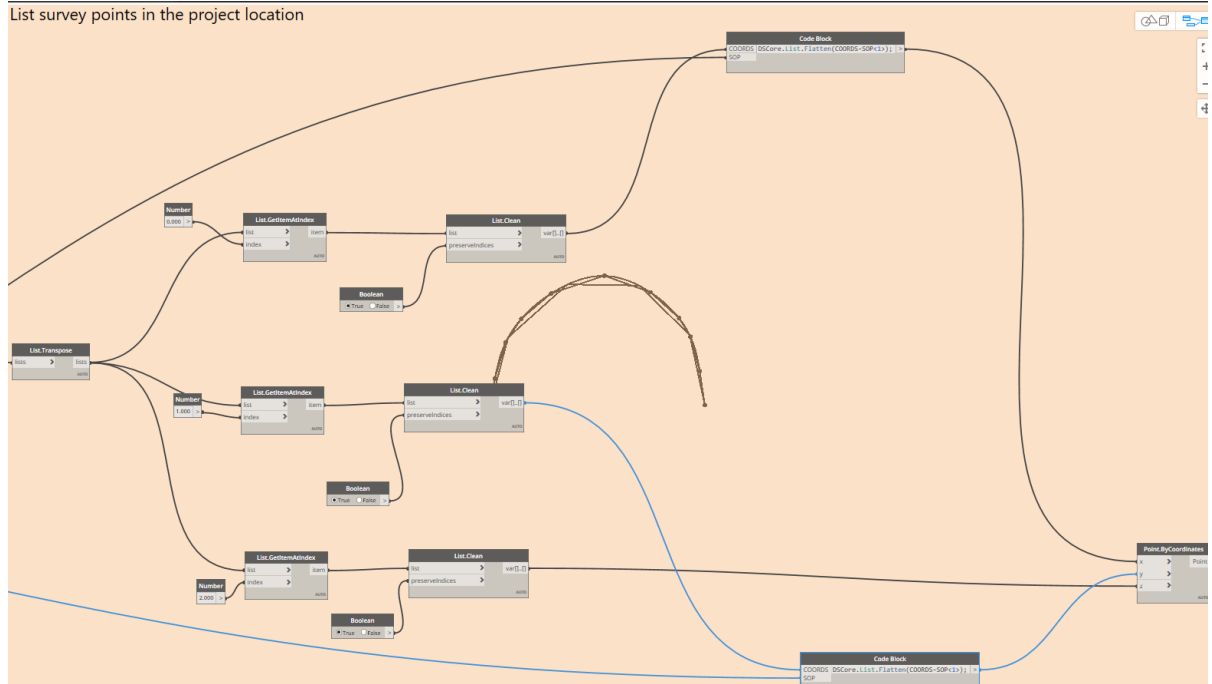


36. Les coordonnées des ceintres sont extraits des feuilles excel spécifiques à chaque ceintre. Dans l'exemple ci-dessous a été pris la feuille excel du 1<sup>er</sup> ceintre de KTN1.

Extract data from xlsx file

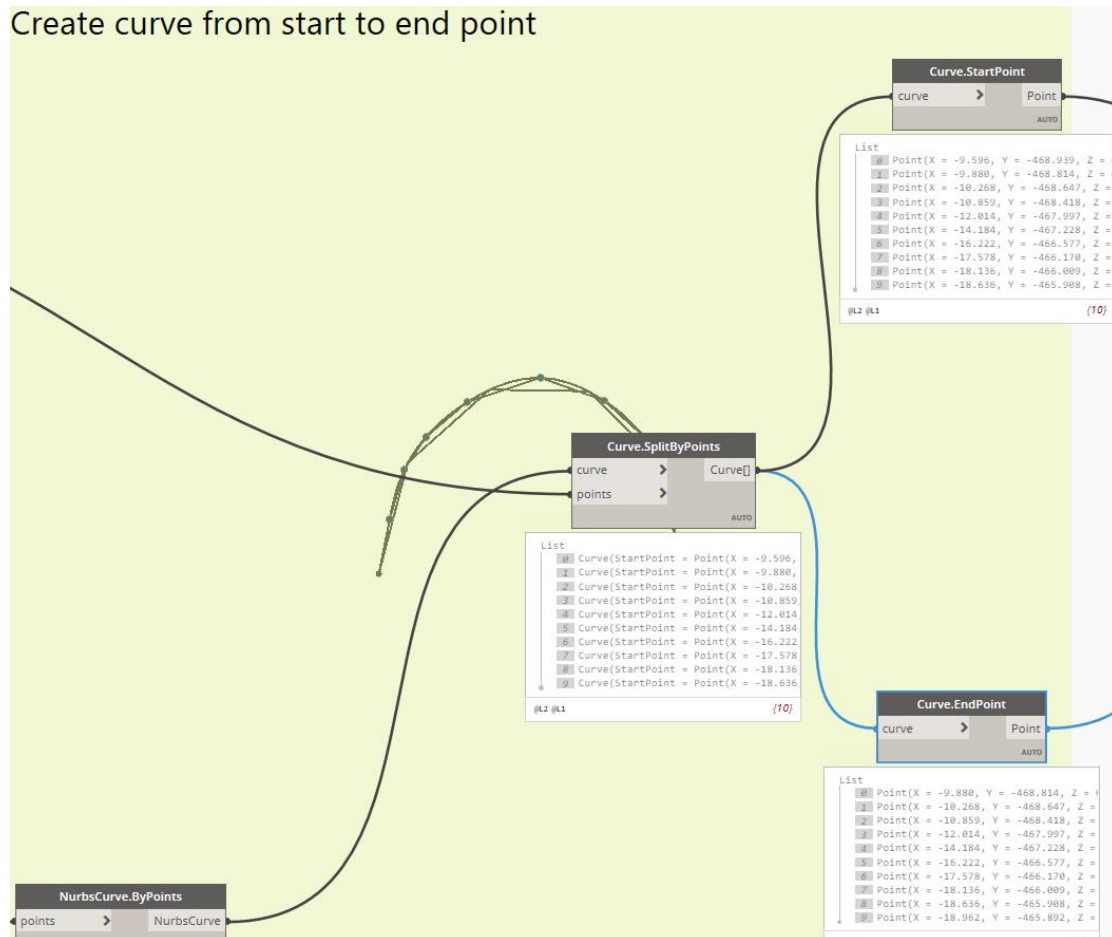


37. En combinant le project base point et les coordonnées des ceintres, les points XYZ sont listés aux positions du projet.

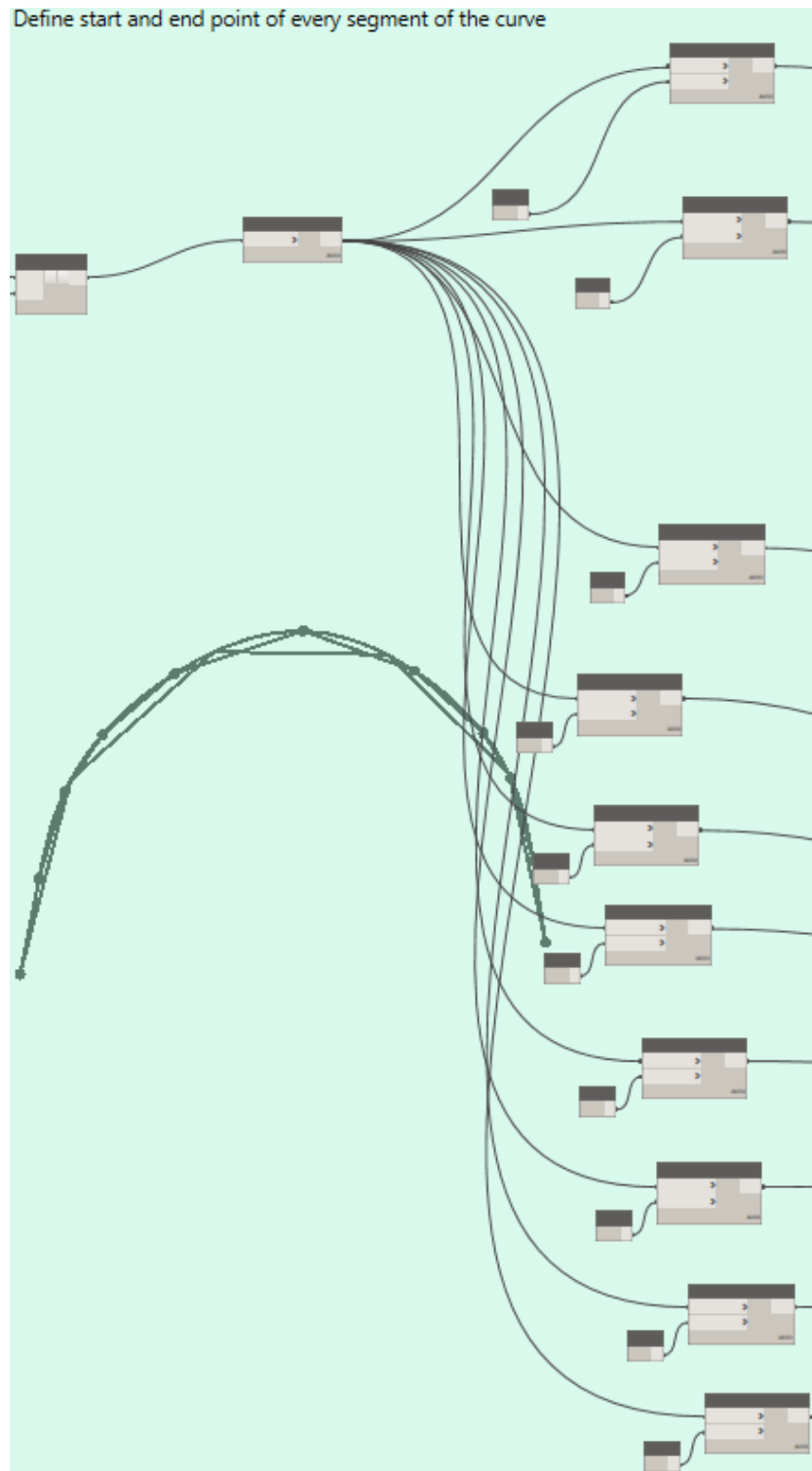


38. Création de d'une courbe en divisant le nombre de points de moitié du début à la fin de la courbe.

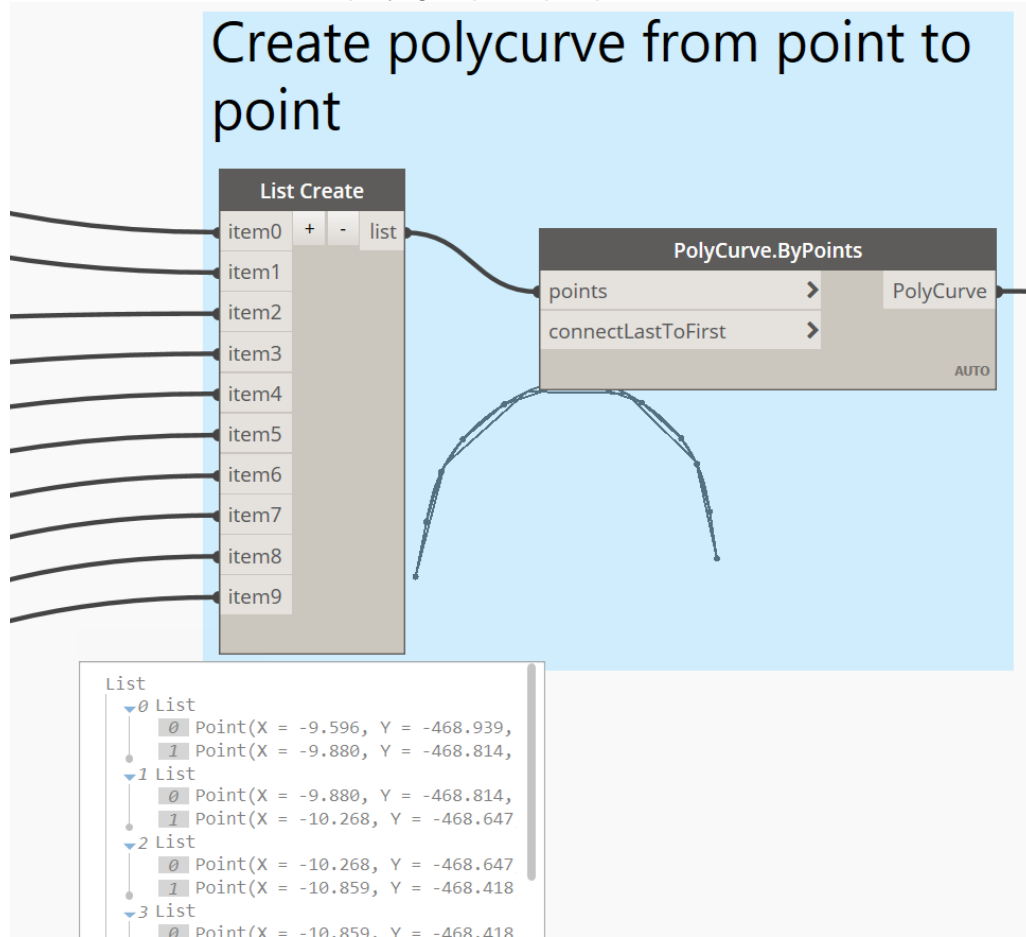
Create curve from start to end point



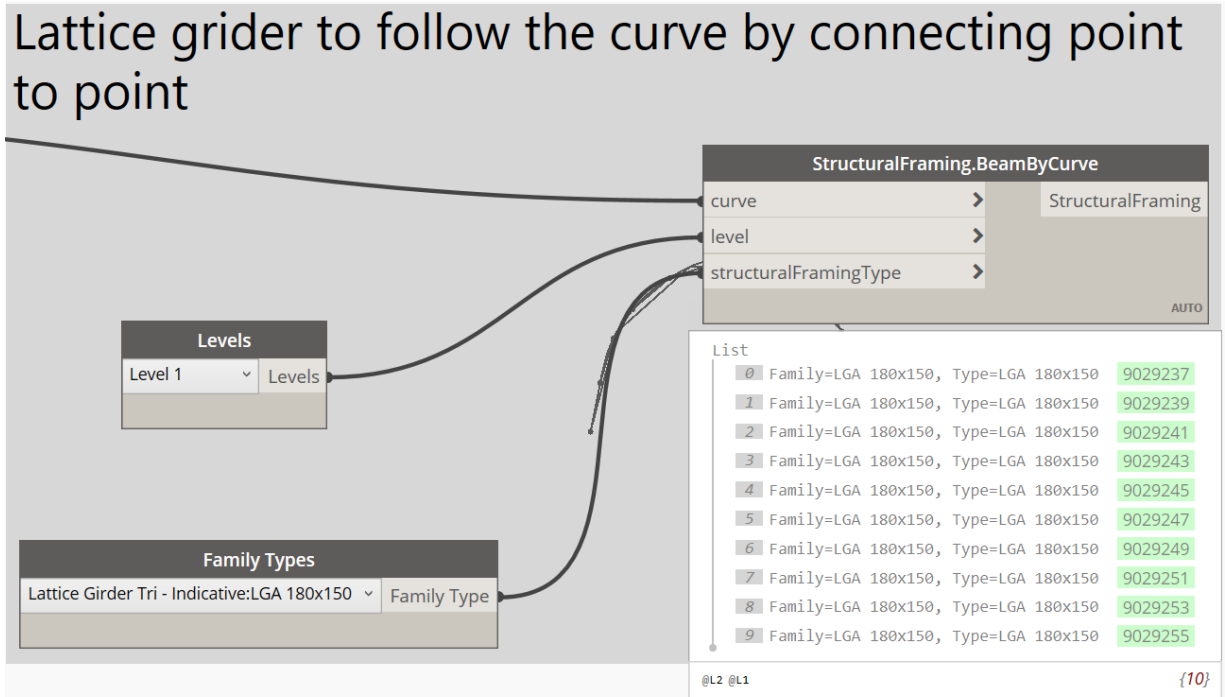
39. Le ceintre est une famille Revit structurelle de forme triangulaire ou rectangulaire. C'est pourquoi, le chemin est spécifié point par point pour permettre la famille de suivre la courbe



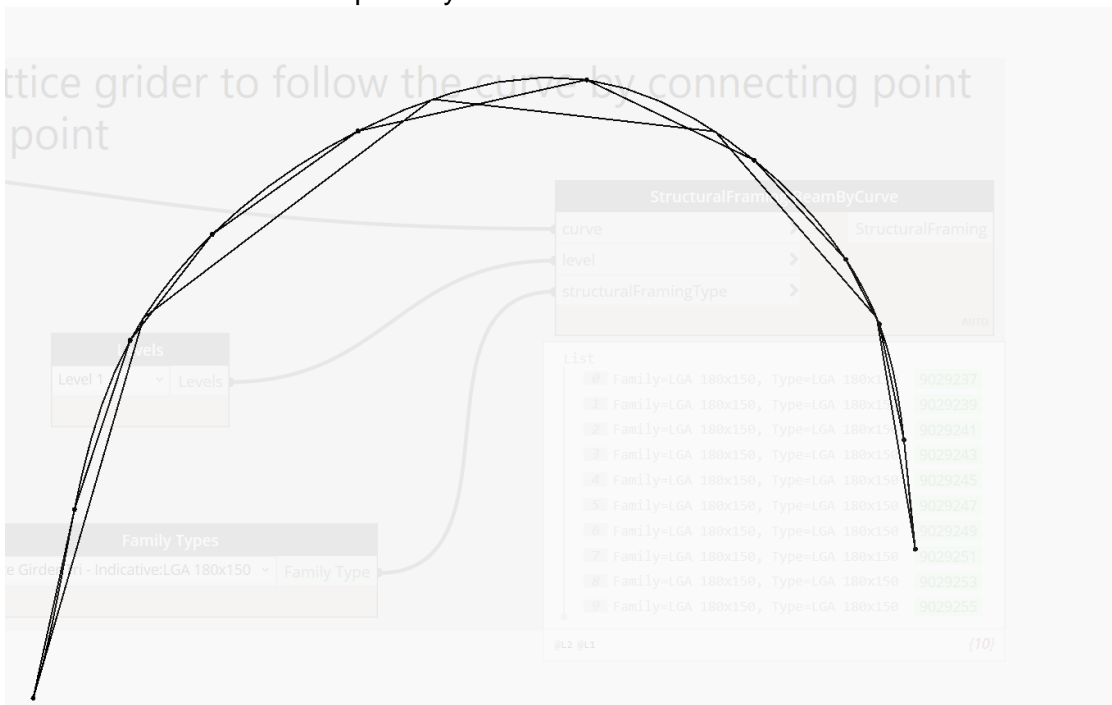
## 40. Création d'une courbe en polyligne point par point.



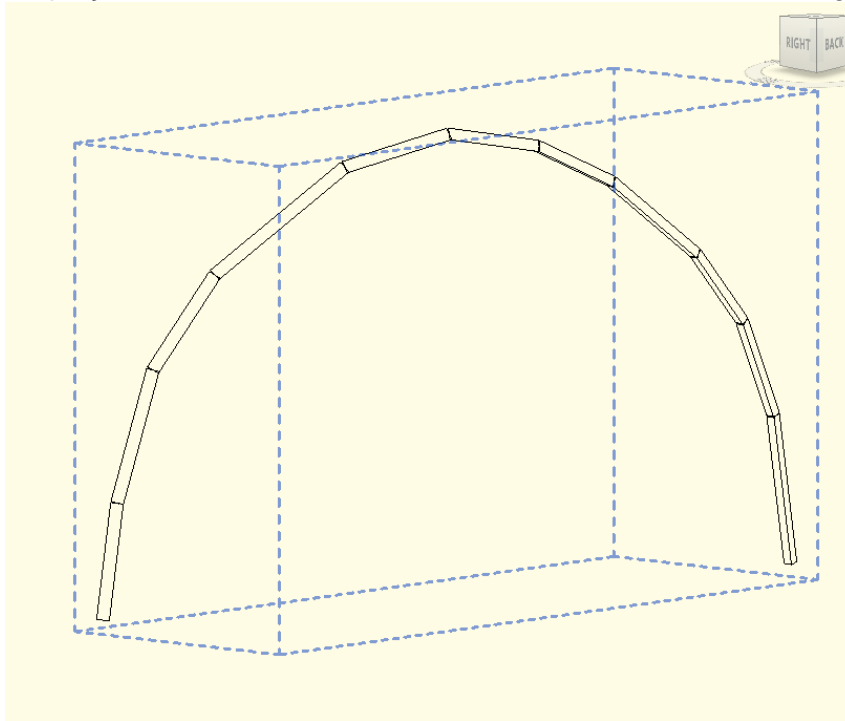
41. La famille revit structurelle est spécifiée pour suivre la polyligne précédemment créée, point par point.



42. Exécutez le script. (Assurez-vous que le script de l'autre ceintre est en mode figé). Vérifiez la courbe dans l'espace dynamo.



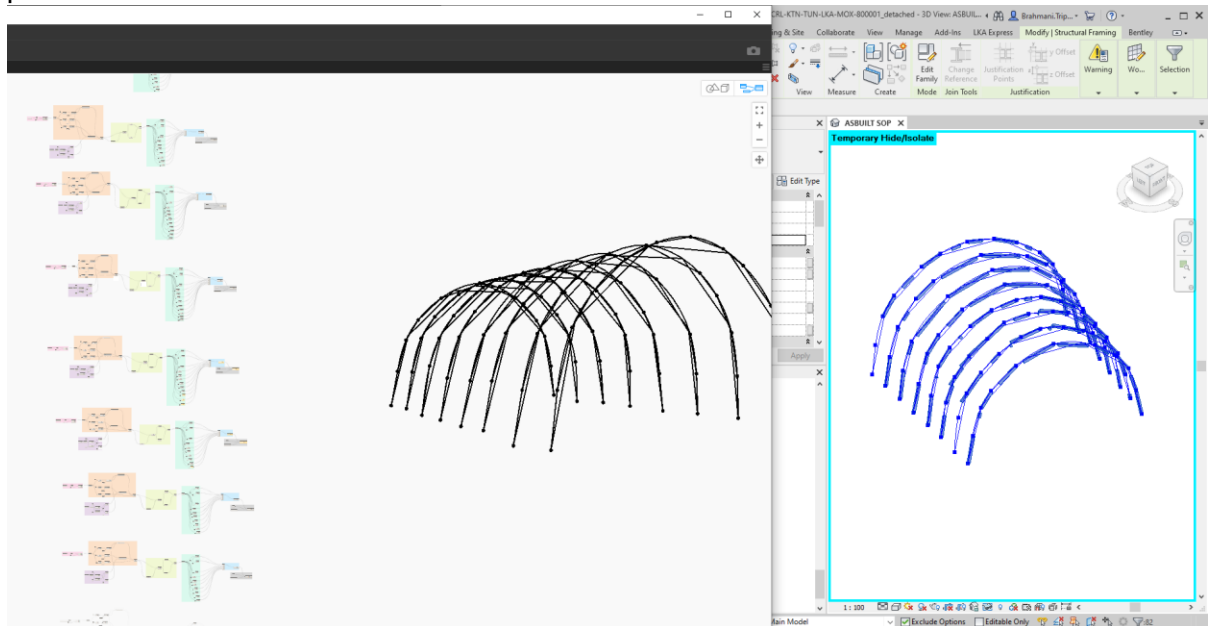
43. En plaçant les ceintres aux bons endroits, vous obtiendrez l'image ci-dessous.



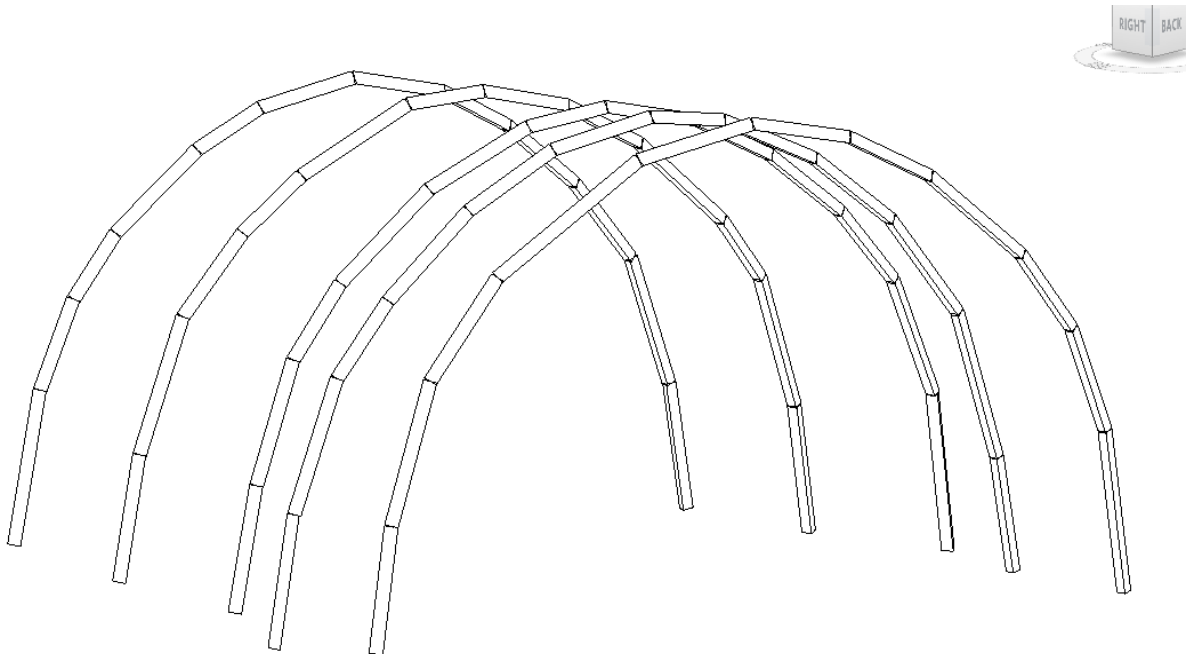
44. Le script peut être répété pour tous les ceintres du fichier \*.xlsx.



45. Lorsque le script de tous les ceintres est exécuté ensemble, on obtient alors dans l'espace de projet Revit la structure créée comme sur l'image ci-dessous. Répéter le point 18.



46. Après avoir répété le script pour tous les ceintres, ceux-ci peuvent être regroupées dans Revit.



## Etude de cas : Tunnels creusés en tunnelier

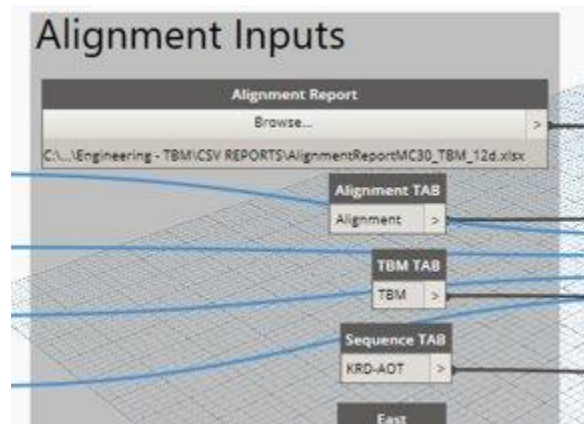
Le but est d'automatiser le placement des voussoirs à partir des données topographiques exploitables ; l'alignement du tunnelier as-built et les coordonnées des voussoirs clés.

### Script Dynamo pour le positionnement des voussoirs

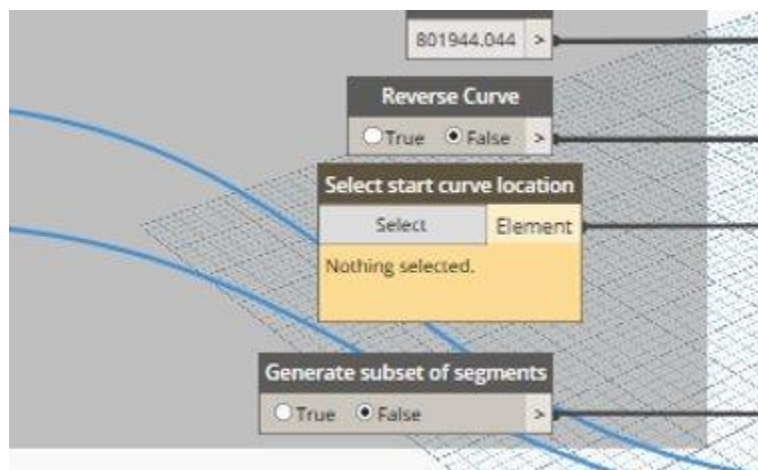
1. L'alignement du tunnelier est créé sur Civil3D à partir des données topographiques fournies au format .CSV qui sont des coordonnées de relevés tous les 10m. Ce fichier est ensuite importé dans Revit.

2. Le Script Dynamo comporte 3 données d'entrée venant de fichiers Excel :

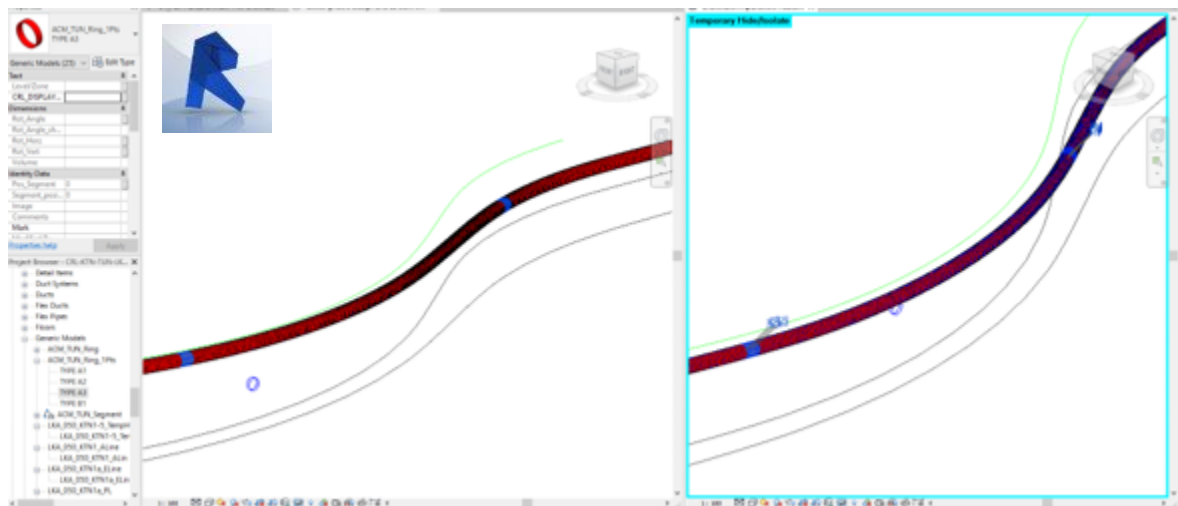
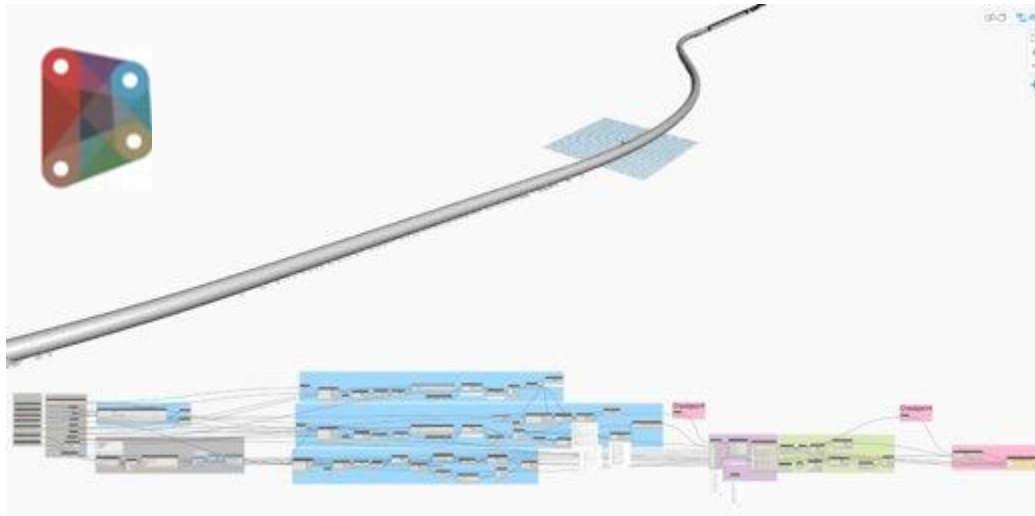
- l'alignement du tunnelier
- le séquençement du type d'anneau
- les coordonnées des voussoirs clés



3. Il faut ensuite sélectionner une des courbes de l'alignement du tunnelier importé dans Revit, pour que le script s'exécute en suivant cette courbe.



4. Après avoir exécuté le script Dynamo, les anneaux se placent le long de l'alignement et les voussoirs sont aux positions as-built, telle que présenté ci-dessous :



## Etude de cas : les systèmes ferroviaires

Les systèmes ferroviaires regroupent de nombreuses disciplines qui ne se mettent pas à jour de la même manière; les rails, les caténaires, la signalétique, les câbles d'alimentation,...

- Il a donc été mis au point, sur le projet, un système solide d'étiquetage pour la définition des assets. Ce système a été notamment établi en accord avec KIWIRAIL notre client.

- Pour les systèmes ferroviaires nous utilisons aussi un plug-in Revit créé au sein du projet par l'équipe de développeur de la Link Alliance. Cet outil permet de remplir facilement les paramètres partagés dans Revit et les ensembles de propriétés dans Civil 3D.

**AAA-BBB-CCC-DDD-EEE-FGG**

Where;

**AAA** = Area (AOT, KTN etc.)

**BBB** = Location (MC30, XP etc.)

**CCC** = System (OHL, RCB)

**DDD** = Tag (FND, INS etc)

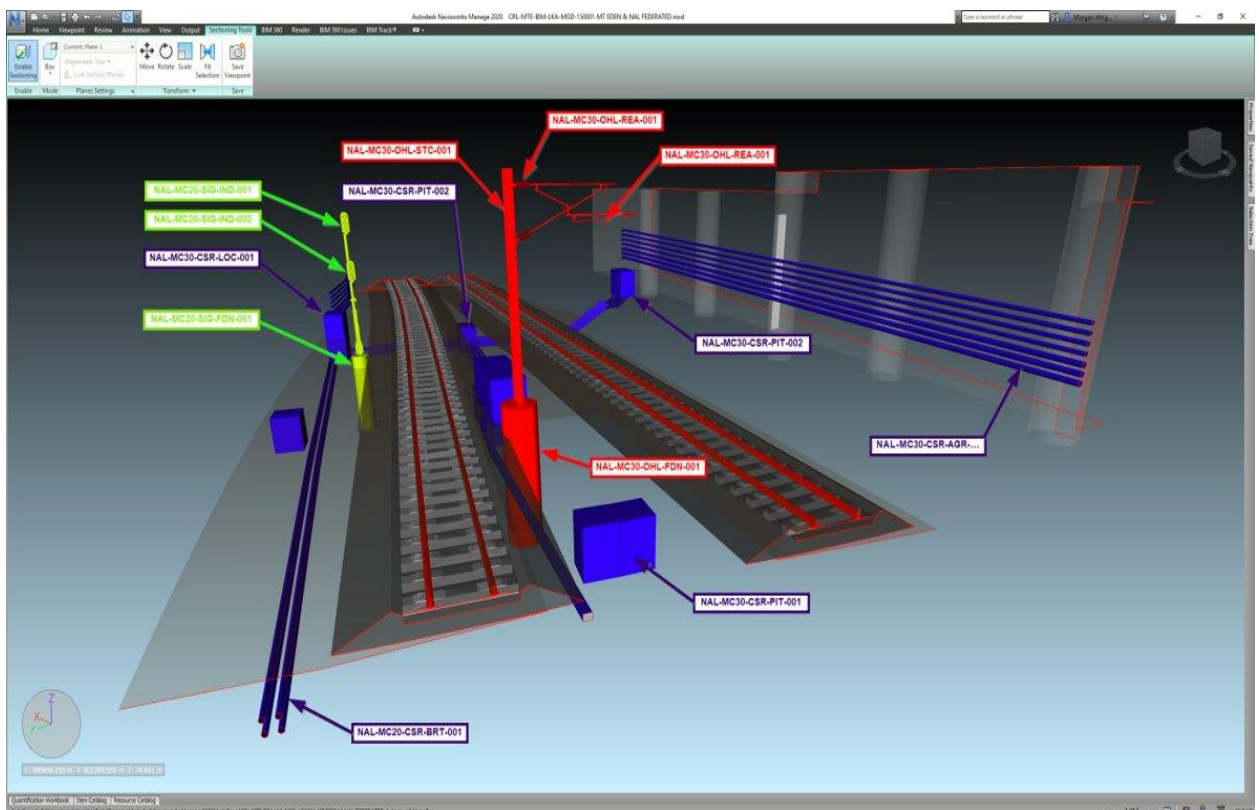
**EEE** = Sequential Number

**F** = Sub Tag

**GG** = Sequential Number

**NAL-MC20-OHL-INS-001**

OHL Insulator number 1 on track MC20



## Conclusion

Pour un projet de grande ampleur comme celui du City Rail Link, il est important d'établir une procédure précise entre les différents acteurs pour la mise à jour en tel que construit. Cela permet de savoir comment rassembler et où récupérer les données exploitables des équipes travaux et géomètres. Les données topographiques permettent notamment de suivre la progression et visualiser les nombreuses interfaces sur chantier, ainsi que d'évaluer et vérifier la conformité des ouvrages construits. Enfin, l'utilisation du plug-in interne à Revit, Dynamo, s'est avérée être une excellente solution afin d'automatiser le processus pour certains types de structures.