



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Gestion des Données et Nouvel Environnement Numérique en Géotechnique



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Développement d'une Maquette Numérique intégrant des processus BIM

Application à un projet de structures de protection
contre les chutes de blocs rocheux

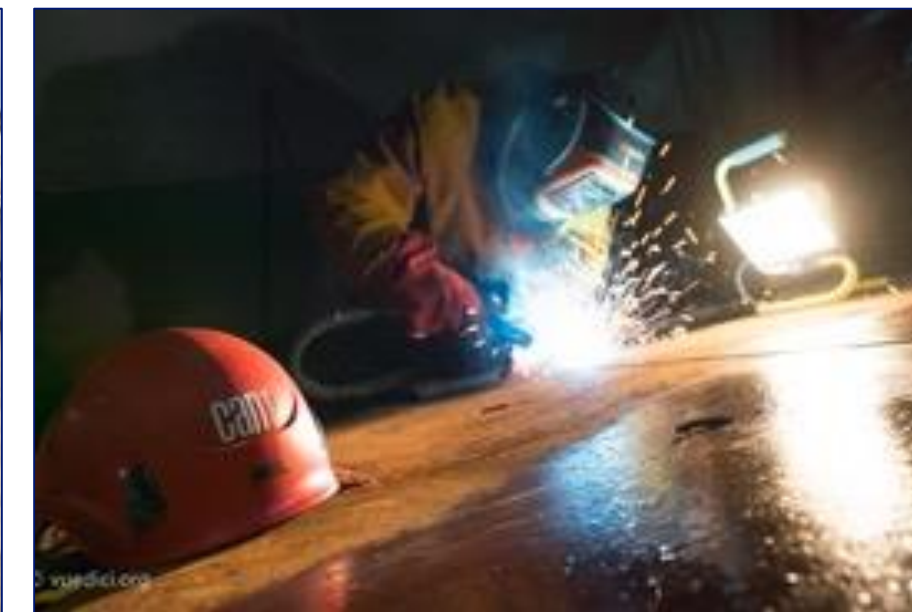


GALANDRIN Clément et GIRAUD Grégoire

15 NOVEMBRE 2022

Introduction

Le GROUPE CAN



Acteur global dans le domaine des travaux d'accès difficiles

- 12 Filiales
- Domaines : INGENIERIE / TRAVAUX / FORMATION / PRODUITS
- 500 Collaborateurs

CAN

180 Salariés, différents secteurs d'activités :

- Risques Naturels & Travaux Publics
- Industrie & Urbain
- Ouvrages d'art
- Maritime & Fluvial

Introduction

Problématique et contexte

Contexte :

- Risques Naturels gravitaires
- Accès difficiles
- Numérique

Applications & objectifs :

- Implantation & rétroconception
- Visualisation dans l'environnement
- Support d'informations



Elaboration d'une preuve de concept



Travaux De Protection Contre les chutes de blocs (Menton La Giraude - 06)

Introduction

Preuve de concept

- Protection d'une usine hydroélectrique
- Mission d'inspection des ouvrages de protection
- Maquette numérique conceptuelle



Photo du site hydroélectrique étudié (06-Alpes Maritimes)

Méthode

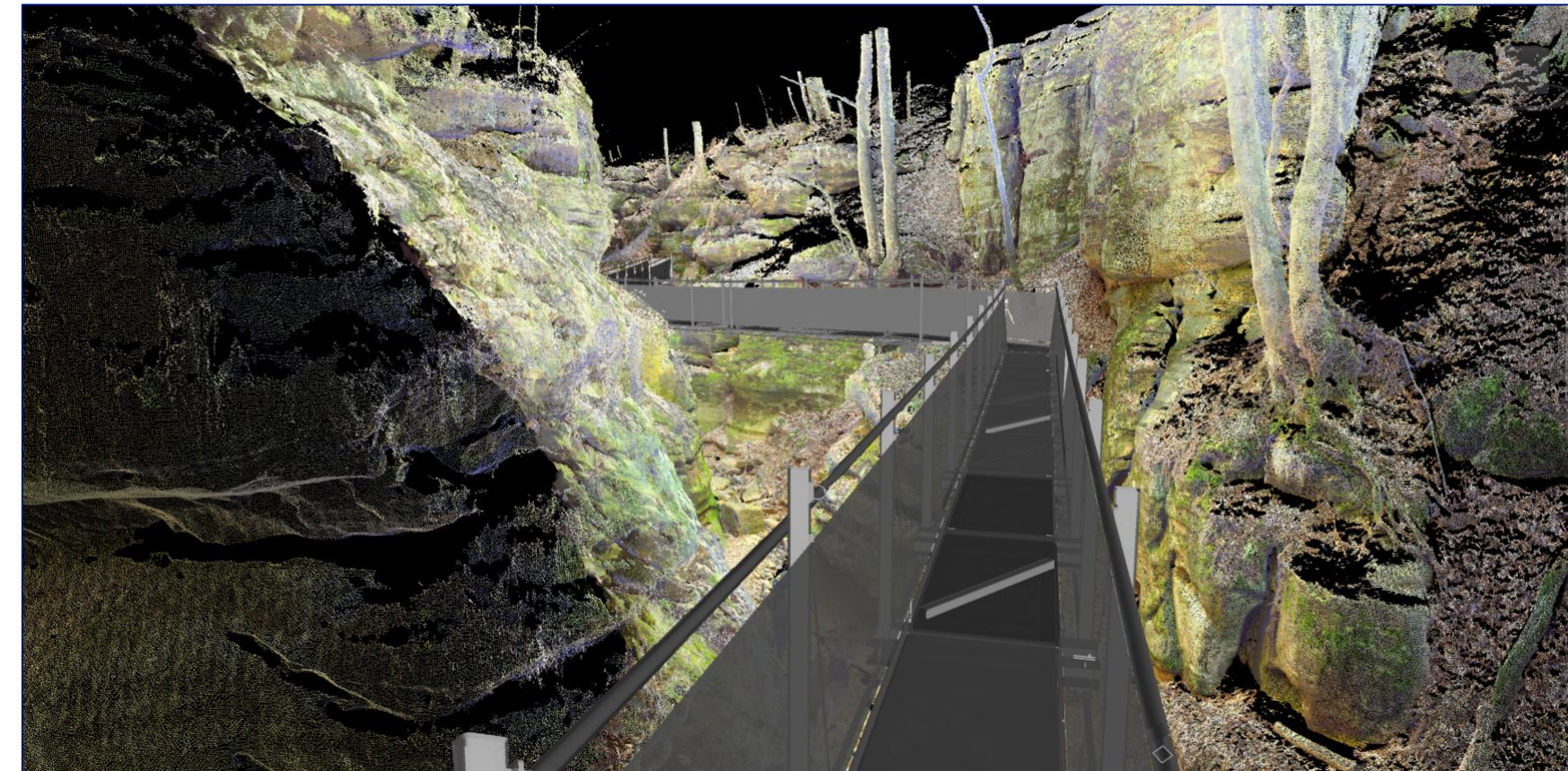
Modélisation Du Terrain

Données d'entrée :

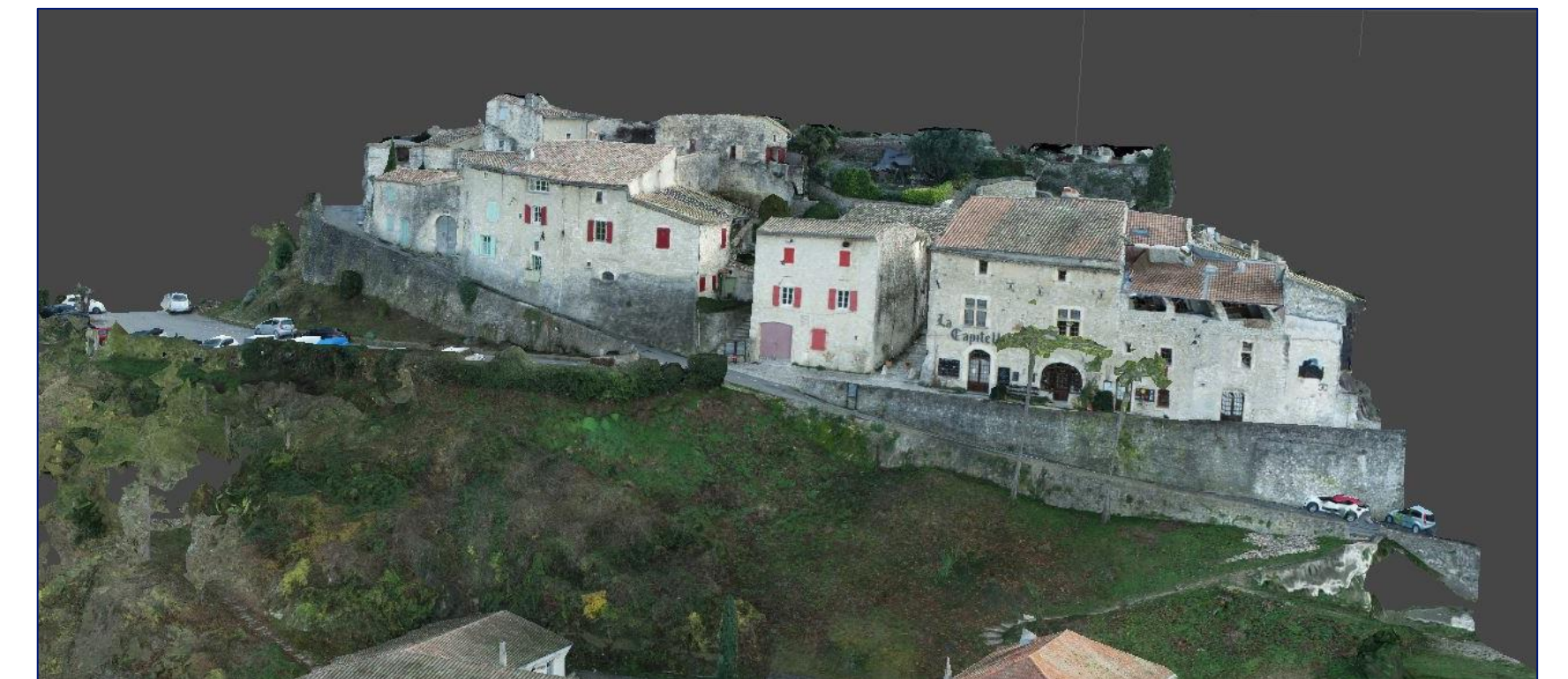
- Photogrammétrie
- Lidar

Modèle numérique de surface :

- Nuage de points
- Maillage texturé
- Orthophotographie



Relevé Laser pour l'implantation d'une passerelle métallique dans un canyon (Luxembourg)



Modèle texturé du village de Mirmande (26-Drôme)

Méthode

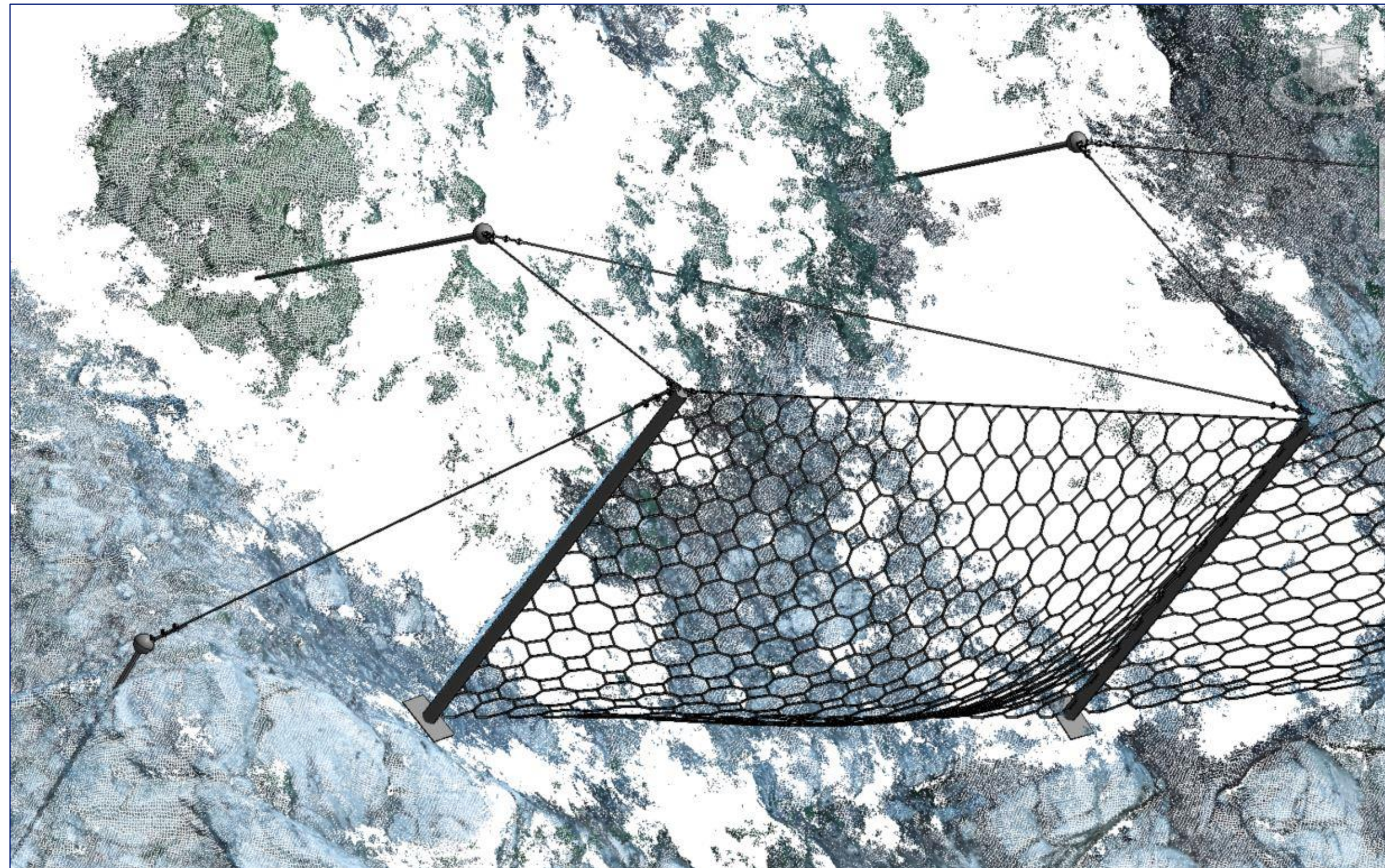
Modélisation des ouvrages

Illustration d'écran pare-blocs
CAN-E 1500kJ sous impact



Méthode

Modélisation des ouvrages



Extrait de modélisation d'un ouvrage de protection

Éléments fixes :

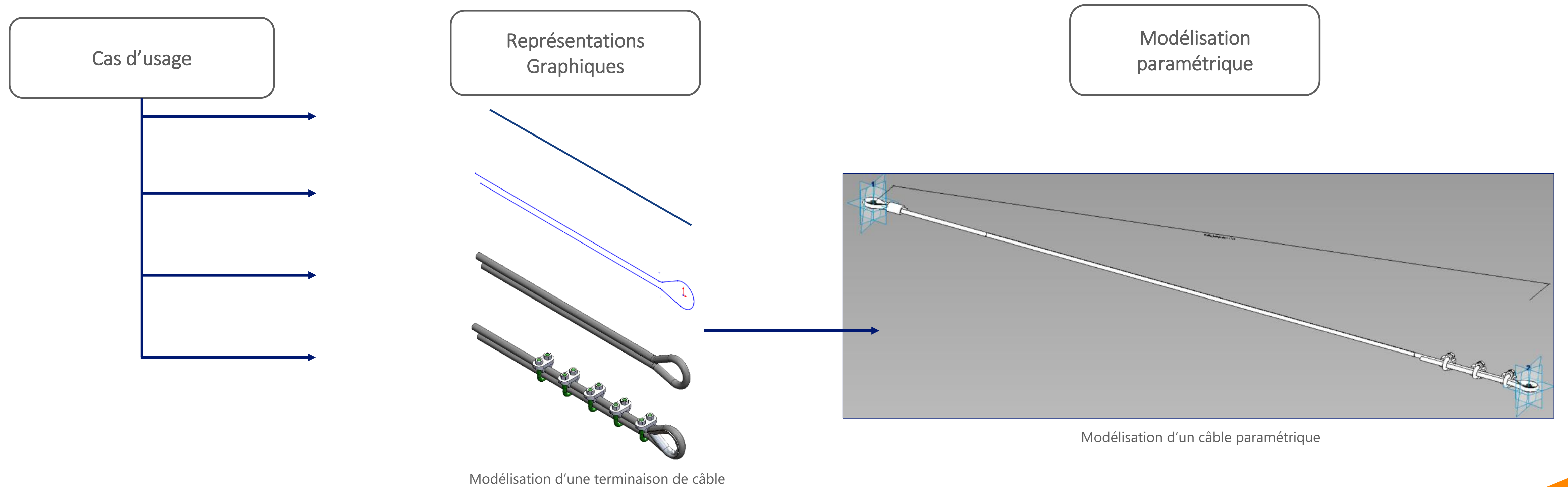
- Poteaux
- Ancrages
- Terminaisons de câble

Éléments paramétriques :

- Filets
- Haubans
- Câbles freinés

Méthode

Niveaux de détails



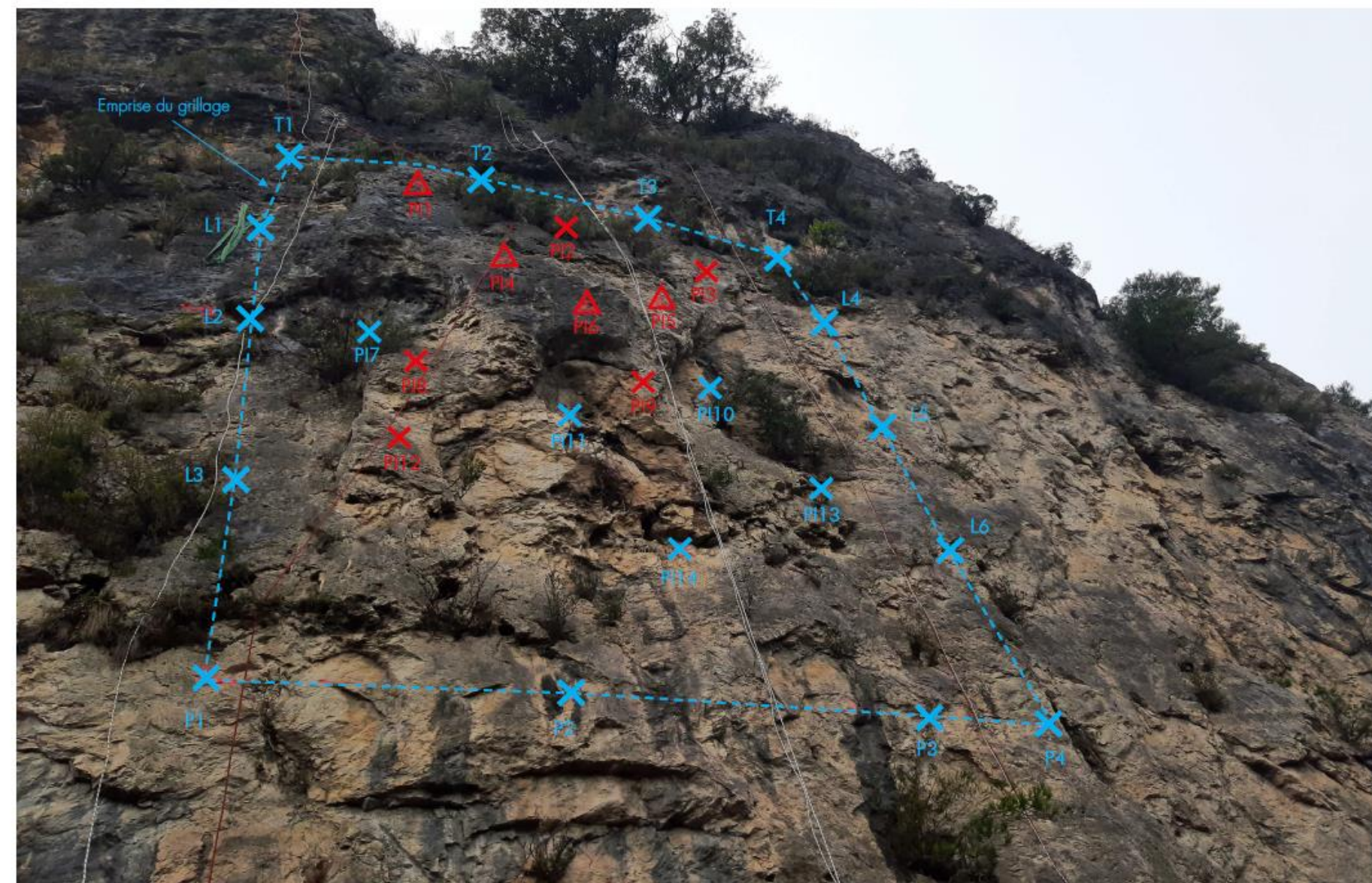
Phasage et informations liées

Exemple d'informations générées en phase d'étude



IMPLANTATION DES ANCRAGES DES OUVRAGES ET INSTABILITES	
Projet :	4771 PONT DU DIABLE RD4 PR16+850
Date :	16/03/2022
Emission :	LMN

Légende:
 : ancrage GEWI 25mm 2ml
 : ancrage GEWI 25mm 3ml



Fiche d'instabilité

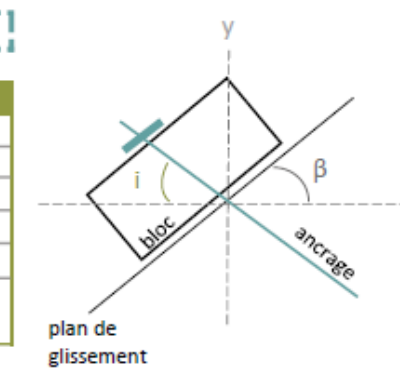


NOTE DE CALCULS

INSTABILITE N° : 3				
Chantier :	4771 Pont du Diable RD4 PR16+850	Secteur :	0	Emission : LMN
		Indice :	1	Date : 16/03/2022

Géotechnique		1	
γ	Poids volumique:	27	kN/m ³
γ_f	Coefficient partiel sur γ :	1	
φ	Angle de frottement apparent:	40	°
γ_{φ}	Coefficient partiel sur $\tan\varphi$:	1,25	
c	Cohésion:	0	kPa
q_s	Coefficient de frottement:	600	kPa
$\gamma_{M,d}$	Coefficient partiel sur q_s :	1,8	
	Coefficient de pondération sur $\gamma_{M,d}$:	1,6	
	Force corrosive du sol:	Faible	
t	Durée d'utilisation:	75	années

Approche de calcul:		Eurocode Approche 3
Caractéristiques de l'instabilité		
h	Hauteur:	1,30 m
l	Largeur:	1,10 m
e	Epaisseur:	0,30 m
	Coefficient de forme:	1
V	Volume:	0,43 m ³
β	Inclinaison du plan de glissement:	90 °



Stabilité du bloc rocheux		
Nature de l'aléa:	Glissement	
P	Poids:	11,58 kN
F_M	Force motrice:	11,58 kN
$\gamma_{G, sup}$	Facteur partiel action permanente défavorable:	1,00
F_R	Force de résistance:	0,00 kN
$\gamma_{G, inf}$	Facteur partiel action permanente favorable:	1,00

Ancrage			
Ancrage:	de conf.	périph.	filet de câble
Type d'ancrage:	GEWI 25		
n	Nombre d'ancrages:	1	u
\varnothing	Diamètre d'armature:	25	mm
i	Inclinaison par rapport à l'horizontale:	15	°
f_y	Limite élastique de l'acier:	500	N/mm ²
$\gamma_{M,0}$	Coefficient partiel sur f_y :	1	
f_t	Limite de rupture de l'acier:	550	N/mm ²
$\gamma_{M,2}$	Coefficient partiel sur f_t :	1,25	
F_e	Limite élastique de l'armature:	245	kN
$R_{e,d}$	Résistance admissible à la traction:	152	kN
$R_{e,s}$	Résistance admissible au cisaillement:	88	kN
γ_{eik}	Facteur de Von Mises:	0,58	
$R_{e,t}$	Résistance à la traction du confortement:	152	0 0 kN
$R_{e,s}$	Résistance au cisaillement du confortement:	88	0 0 kN
	Longueur d'armature minimum retenue:	2	m
Scelllements			
D	Diamètre du forage:	57	mm
L_s	Longueur de scellement (arrière au plan de glissement):	1,5	m
$R_{e,s}$	Résistance au scellement du confortement:	88	0 0 kN
	Longueur de scellement retenue:	1,5	m

Filet		
Type:		
L_f	Largeur:	m
H_f	Hauteur:	m
S_f	Surface:	m ²
\varnothing_{MAILLE}	Ø de maille:	
R_t	Résistance filet à la traction:	kN/m
$\gamma_{M,0}$	Coefficient sur le filet:	
$R_{d,f}$	Résistance du filet:	0 kN
	Type de câble périphérique:	
\varnothing_c	Ø câble:	mm
$\gamma_{e,c}$	Coefficient sur le câble:	
$R_{e,c}$	Résistance câble à la rupture:	0 kN

Câble		
Type de câble périphérique:		
n_c	Nombre de câbles:	u
L_c	Longueur de câble:	m
\varnothing_c	Ø câble:	mm
$\gamma_{e,c}$	Coefficient sur le câble:	
$R_{e,c}$	Résistance câble à la rupture:	0 kN

Validation du confortement		
Ancrages de fixation et confortement		
γ_m	Coefficient partiel sur la méthode:	1,1
F_t	Coefficient de sécurité en traction:	11,90
F_s	Coefficient de sécurité en cisaillement:	6,90
F_c	Coefficient de sécurité du scellement:	6,87
	Coefficient de sécurité retenu:	6,87
	Vérification (F>1):	Validé
Filet et câble		
γ_m	Coefficient partiel sur la méthode:	1,1
	Coefficient de sécurité retenu:	
	Vérification (F>1):	

Guide technique - Ancrages passifs en montagne: conception, réalisation, contrôle
 Documents de référence : NFP 94-270 - Calcul Géotechnique - Ouvrages de Soutènement

Note de calcul pour le dimensionnement d'un grillage plaqué

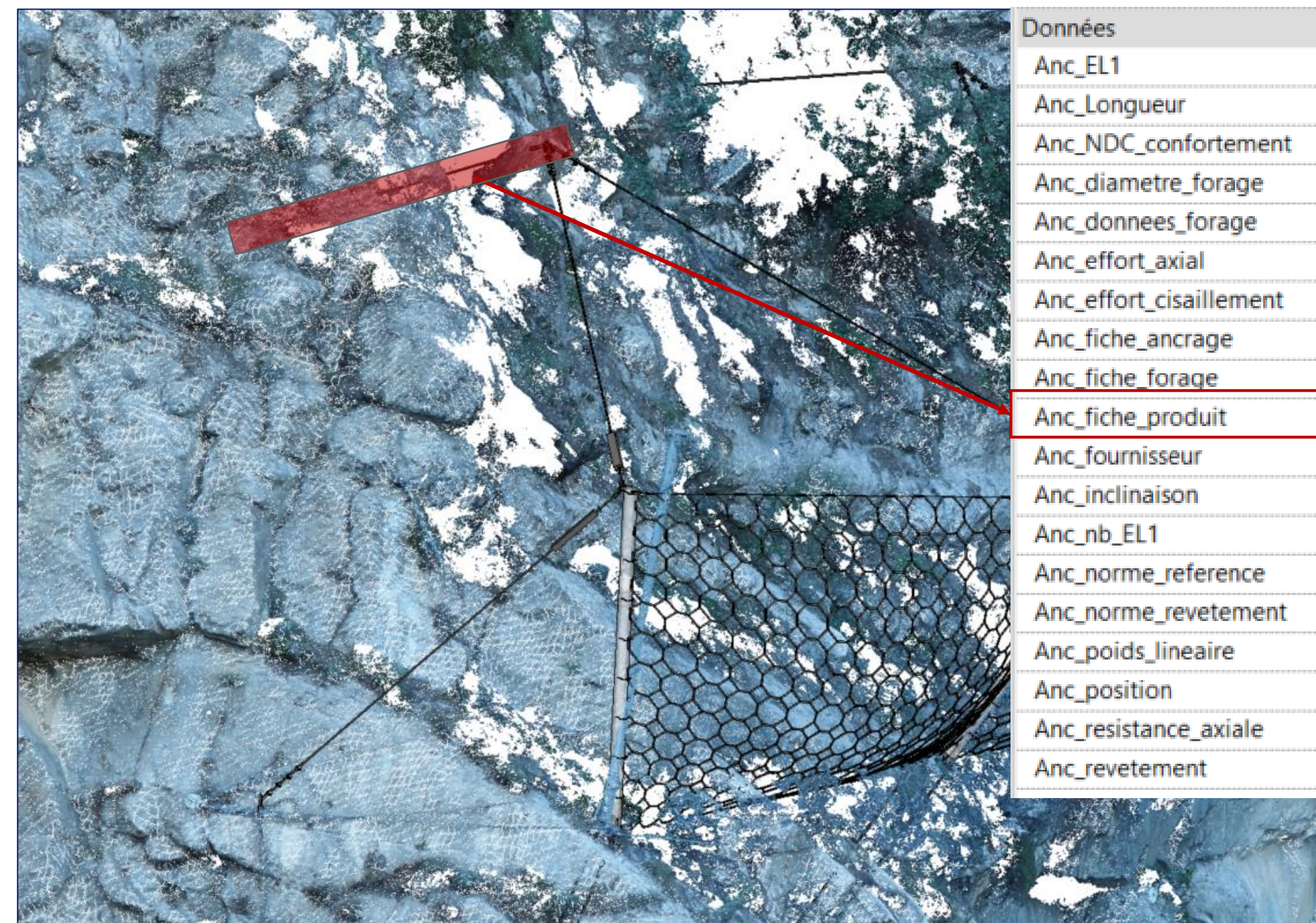
Phasage et informations liées

Réalisation :

Données :

- Ouvrages de protection
- Ancrages
- Propriétés des composants
- Architecture adaptée aux besoins
- Suivi d'avancement
- Données de forages & injection
- Contrôles qualités

Ensemble Accessible depuis la MN



Données	
Anc_EL1	
Anc_Longueur	4.5000
Anc_NDC_confortement	https://service.usbim.com/...
Anc_diametre_forage	90.0000
Anc_donnees_forage	
Anc_effort_axial	182.00 kN
Anc_effort_cisaillement	182.00 kN
Anc_fiche_ancrage	https://service.usbim.com/lin...
Anc_fiche_forage	
Anc_fiche_produit	https://service.usbim.com/...
Anc_fournisseur	Gewi DSI
Anc_inclinaison	80.00°
Anc_nb_EL1	0
Anc_norme_referance	NF EN 1997-1 EUROCODE 7
Anc_norme_revetement	
Anc_poids_lineaire	6.500 kg/m
Anc_position	Amont
Anc_resistance_axiale	350.00 kN
Anc_revetement	

Représentation des informations contenues dans un objet de la maquette

DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL

Barres
Laminées à chaud avec nervures de filetage toute longueur.

Diamètres & poids

Ø Nom (mm)	Référence (m)	Ø Max (mm)	Pas (mm)	Section (mm²)	Poids (kg/m)
16	16 T 0100	18	8	201	1,58
20	20 T 0100	23	10	314	2,47
25	25 T 0100	28	12,5	491	3,85
28	28 T 0100	32	14	616	4,83
32	32 T 0100	36	16	804	6,31
40	40 T 0100	45	20	1 257	9,86
50	50 T 0100	56	26	1 963	15,41
63,5	63 T 0100	69	21	3 167	24,86
75	75 T 0100	82	24	4 418	34,68

Caractéristiques mécaniques

Barre	Contrainte à la limite élastique [N/mm²]	Contrainte à la rupture [N/mm²]	Limite élastique Feg [kN]	Limite à la rupture Frg [kN]
16 T	500	550	101	111
20 T			157	173
25 T			245	270
28 T			308	339
32 T			402	442
40 T	628	691		
50 T	982	1 080		
63 T	555	700	1 758	2 217
75 T	500	550	2 209	2 430

Allongement, fatigue et Module de Young

Barre	Allongement à l'effort max. A _u [%]	Allongement à la rupture A _r [%]	Résistance à la fatigue 2 σ _s [N/mm²]	Module de Young [N/mm²]
16 T	≥ 6,0	≥ 10,0	215	205 000
20 T				
25 T				
32 T				
40 T				
50 T	≥ 5,0	≥ 10,0	120	
63 T	≥ 5,0	≥ 10,0	-	
75 T	≥ 5,0	≥ 10,0	-	

Acier B500B :
Acier à béton / limite élastique 500MPa / Classe B : Haute ductilité (k = 1,08)
C ≤ 0,22% - P ≤ 0,050% - S ≤ 0,050% - N ≤ 0,012% - Cu ≤ 0,80% - C_u ≤ 0,50%

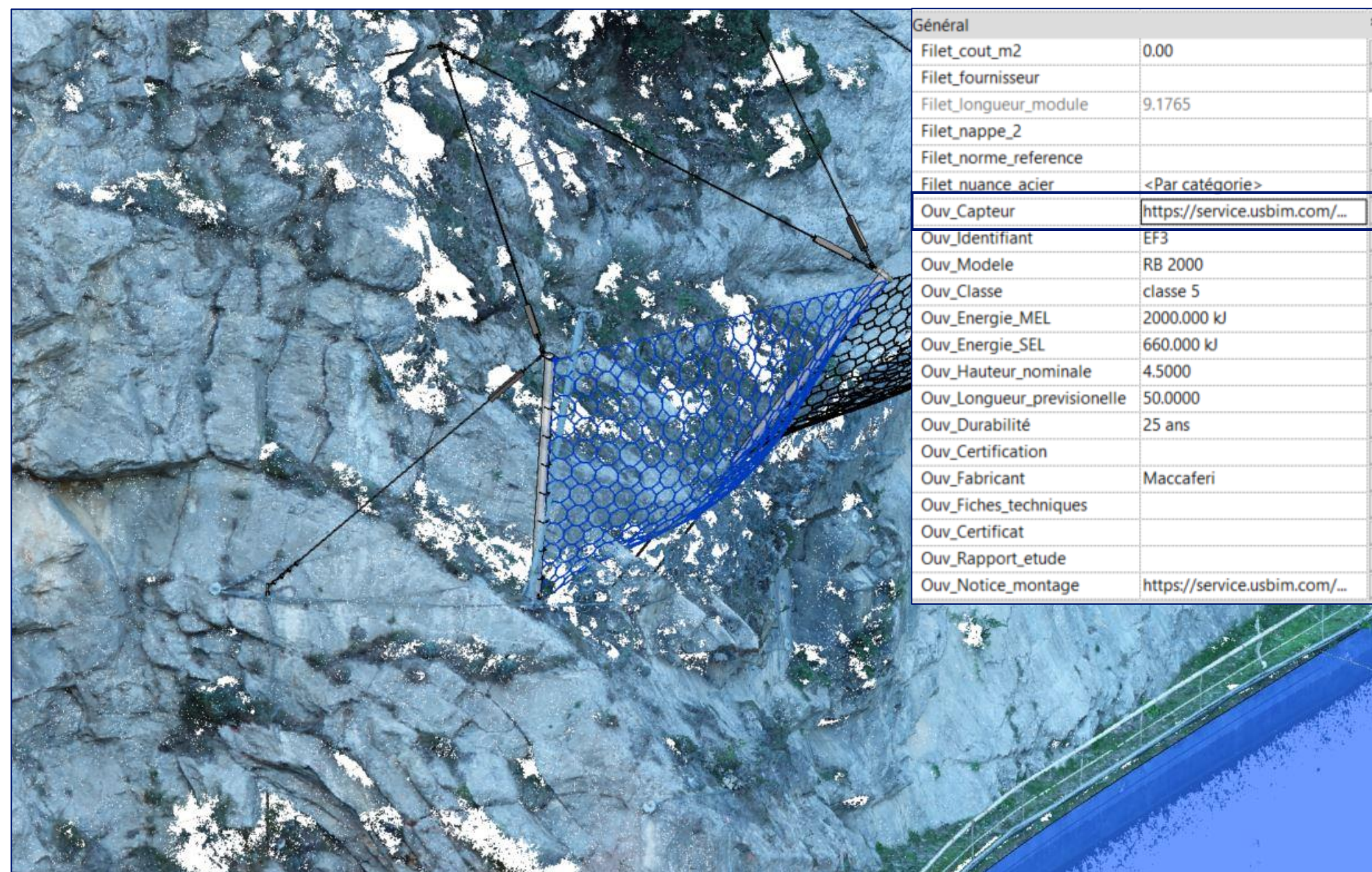
Note : Données techniques non-contractuelles.

DYWIDAG SYSTEMS International
DSI France Page 1 www.dywidag-systems.fr
Version 03-2018

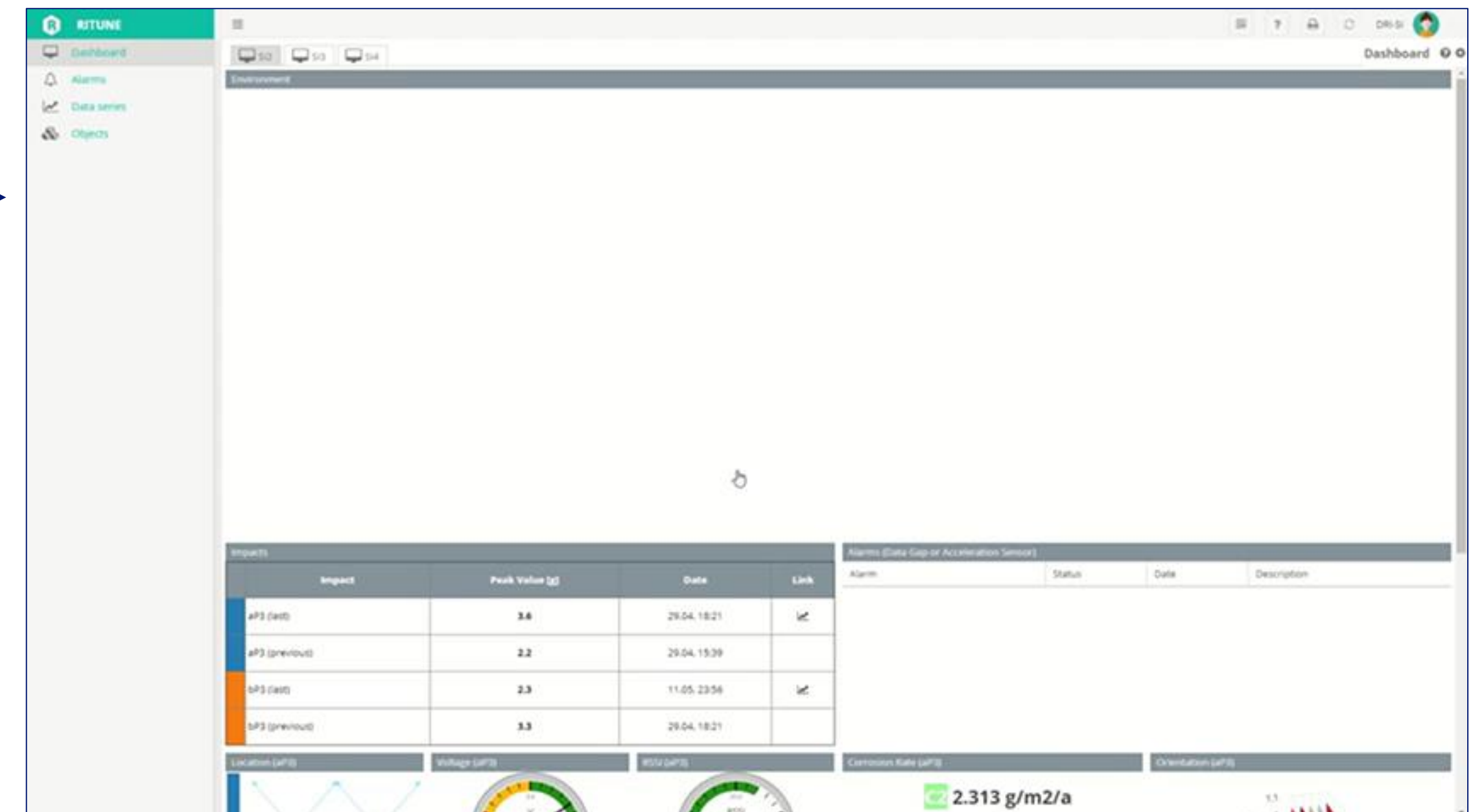
Fiche produit du fournisseur

Phasage et informations liées

Instrumentation et suivi d'exploitation



Ouvrage de protection contre les chutes de blocs - MN



Données du capteur de suivi d'écran pare-blocs (Brugg)

Résultats & exploitation

Etude technique :

- Trajectographie
- Cubature – Métrés
- Implantations

Base de données :

- Etude quantitative
- Etude de prix
- Interaction avec la Maquette

Maquette numérique :

- Visualisation
- Support d'informations
- Actualisation

<Nomenclature des Cables>										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Cable_identifiant	Cable_position	Cable_diametre	Cable_Longueur	Cable_Surlongueur	Cable_fournisseur	Cable_poids	Cable_Terminaison_1	Cable_Terminaison_2	Ouv_Identifiant	Cable_frein
EF1_c1	Hauban Amont	16.00	5.55	1.00	Traction Leverage	5.44 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c2	Hauban Amont	16.00	5.86	1.00	Traction Leverage	5.75 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c3	Hauban Amont	16.00	6.23	1.00	Traction Leverage	6.11 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c4	Hauban Amont	16.00	6.85	1.00	Traction Leverage	6.71 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c5	Hauban Amont	16.00	8.33	1.00	Traction Leverage	8.16 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c6	Hauban Amont	16.00	8.81	1.00	Traction Leverage	8.63 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c7	Hauban Amont	16.00	7.11	1.00	Traction Leverage	6.97 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c8	Hauban Amont	16.00	7.73	1.00	Traction Leverage	7.57 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c9	Hauban Amont	16.00	8.87	1.00	Traction Leverage	8.69 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c10	Hauban Amont	16.00	8.40	1.00	Traction Leverage	8.23 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c11	Hauban Amont	16.00	9.03	1.00	Traction Leverage	8.85 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c12	Hauban Amont	16.00	7.54	1.00	Traction Leverage	7.39 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c13	Hauban Amont	16.00	7.92	1.00	Traction Leverage	7.76 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c14	Hauban Amont	16.00	8.03	1.00	Traction Leverage	7.87 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c15	Rive superieur	16.00	9.52	0.50	Traction Leverage	9.33 kg	Fermeture Ø16mm BCM	Fermeture_libre : libre_16	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c16	Rive superieur	16.00	9.83	1.00	Traction Leverage	9.63 kg	Fermeture_libre : libre_16	Fermeture_libre : libre_16	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c17	Rive superieur	16.00	9.52	1.00	Traction Leverage	9.33 kg	Fermeture_libre : libre_16	Fermeture_libre : libre_16	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c18	Rive superieur	16.00	10.11	1.00	Traction Leverage	9.91 kg	Fermeture_libre : libre_16	Fermeture_libre : libre_16	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c19	Rive superieur	16.00	11.27	1.00	Traction Leverage	11.05 kg	Fermeture_libre : libre_16	Fermeture_libre : libre_16	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c20	Rive superieur	16.00	9.93	1.00	Traction Leverage	9.73 kg	Fermeture_libre : libre_16	Fermeture_libre : libre_16	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c21	Rive superieur	16.00	7.92	0.50	Traction Leverage	7.76 kg	Fermeture_libre : libre_16	Fermeture Ø16mm BCM	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c22	Hauban Latéral	16.00	5.70	1.00	Traction Leverage	5.59 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>
EF1_c23	Hauban Latéral	16.00	5.35	1.00	Traction Leverage	5.24 kg	Fermeture Ø16mm B SC HR	Fermeture Ø16mm B SC HR	EF1	<input type="checkbox"/>

Exemple de positionnement des câbles dans la maquette

Diffusion

Partage via une plateforme

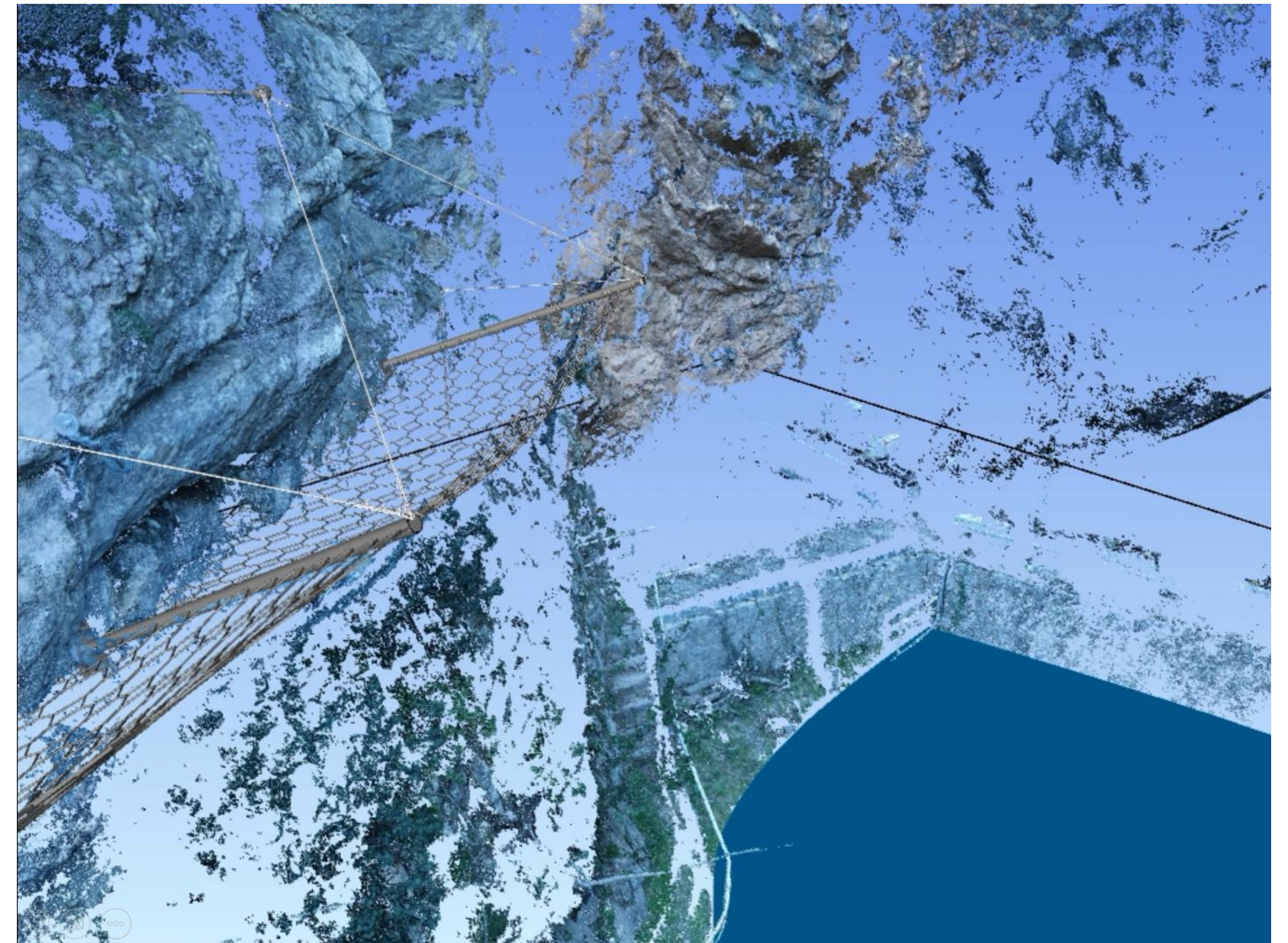
Gestion électronique de documents

Gestion des droits et archivages

Capacité visualisation

Facilité de partage

Lien : <https://service.usbim.com/link/636397bee25a9e234d919e8a>



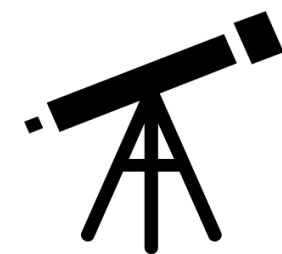
Visuel de la maquette BIM (Revit)

Conclusion & Perspectives



Conclusion :

- Amélioration de la qualité et précision des livrables techniques
- Archivage des données : centralisation, accessibilité, pérennité
- Suivi numérique des ouvrages de protection d'infrastructures



Perspectives :

- Amélioration du niveau de définition des éléments
- Intégration des futurs standard BIM géotechnique (cf.PN MINnD & Geotech.IE)
- Outils/structuration numérique de la filière risques naturels gravitaires (OCIRN)

Merci de votre attention !



ANNEXE : Actualisation

Exemple d'automatisation Automatisation via l'interface dynamo:

