



Via Ferrata des Gorges du Cé MONT SAXONNEX (74) Etude Projet

Demandeur : Communauté de Commune Cluses Arves et Montagnes

Projet : Via Ferrata des Gorges du Cé

Localisation / Commune : MONT SAXONNEX - 74

Intervenants :

- ✓ Maître d'ouvrage : CC Cluses Arves et montagnes
- ✓ Maître d'œuvre : ALPES INGE & PRISME AVENTURES

Documents fournis ou à disposition :

- ✓ APS VF Gorges du Cé du 03/2024 réalisé par ALPES INGE et PRISMES AVENTURES
- ✓ Examen au cas par cas au titre du R122-2 du CE réalisé par AGRESTIS éco-environnement en date du 06/03/2024

N° d'affaire		AF24-019	N° commande client		BC n° ...
Ind	Date	Modifications	Pages	Établi par	Vérifié par
0	28/06/24	Première émission.	19	L. BOLLIG	R. BERGER
A	02/07/24	Corrections mineures	19	L. BOLLIG	R. BERGER
B	22/10/24	Modifications suite retour 2CCAM	19	L. BOLLIG	R. BERGER

Lucas BOLLIG, ingénieur géotechnicien

ALPES INGE
Ingénierie Conseil
Eurekato
38660 SAINT VINCENT DE MERCUZE
Tél. 04 76 08 81 84 / Fax 04 76 08 81 85
E-mail : contact@alpes-inge.com
Siren 428 143 838

SOMMAIRE

1	<u>INTRODUCTION</u>	4
2	<u>RENSEIGNEMENTS GENERAUX</u>	5
2.1	CONTEXTE GENERAL	5
2.2	SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DU SITE	5
2.3	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE LOCAL	6
2.4	DESCRIPTION DU PROJET	6
3	<u>ETUDE DE PROJET DES VIA FERRATA</u>	7
3.1	VIA FERRATA DES GORGES DU CE	7
3.2	TABLEAU RECAPITULATIF DES ITINERAIRES	11
3.3	EQUIPEMENT DE LA VIA FERRATA	12
4	<u>RISQUES NATURELS</u>	14
5	<u>DIMENSIONNEMENT DES PASSERELLES, PONTS SUR CABLE ET TYROLIENNES</u>	15
5.1	VERIFICATION DE LA SOLIDITE DES CABLES	15
5.2	VERIFICATION DE LA SOLIDITE DES ANCRAGES	17
6	<u>DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES</u>	22
6.1	DEBROUSSAILLAGE ET ELAGAGE DU SITE	22
6.2	TRAVAUX DE PURGE	22
6.3	CONFORTEMENT PAR ANCRAGES DES MASSES INSTABLES	22
6.4	EQUIPEMENT DE LA VIA FERRATA	23
6.5	EQUIPEMENT DES PASSERELLES ET PONTS SUR CABLES	23
7	<u>ESTIMATION DES TRAVAUX A REALISER</u>	24
8	<u>PLANNING DE REALISATION DES TRAVAUX</u>	25
9	<u>CONDITIONS D'EXPLOITATION DE LA VIA FERRATA</u>	26
10	<u>CONCLUSIONS</u>	27

ANNEXES

Annexe 1 – NORME NF P 95-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Annexe 2 – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Annexe 3 – LOCALISATION DES PRINCIPALES INSTABILITEES

1 INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de la Communauté de Commune Cluses Arves et Montagnes, Alpes Ingé et PRISME AVENTURES ont réalisés l'étude de-projet définitif de la création d'une via ferrata dans les gorges du Cé sur la commune de Mont Saxonnex (74).

Ce projet de via ferrata vise à contribuer à l'offre touristique de la commune de Mont Saxonnex et est destiné à un large public, encadré ou non par des professionnels.

Une étude d'avant-projet sommaire (APS) et avant-projet définitif (APD) a déjà été menée par Alpes Ingé et PRISME Aventures afin d'identifier un ou plusieurs cheminements possibles sur le site des gorges du Cé.

Ce rapport est basé sur les éléments suivants :

- Visite de site en phase APS du 7 mars 2024 ;
- Réunion de présentation de la phase APS du 4 avril ;
- Visite de site en phase APD du 11 et 12 avril 2024 ;
- Réunion de présentation de la phase APD du 31 mai ;
- Visite de site en phase PRO du 11 juin 2024.

En référence à la norme NF P 94-500 – Classification des missions types d'ingénierie géotechnique – qui figure en **annexe 1** de ce rapport, notre mission est de type étude géotechnique de projet (G2 – Phase PRO).

NB : *Il est important de rappeler que la bonne réalisation de cette mission ne supprimera jamais les risques naturels en domaine de (haute) montagne. Il ne peut pas y avoir obligation de résultat dans ce domaine. Par conséquent, la surveillance et l'entretien des ouvrages dans le temps sont nécessaires vis-à-vis des risques naturels.*

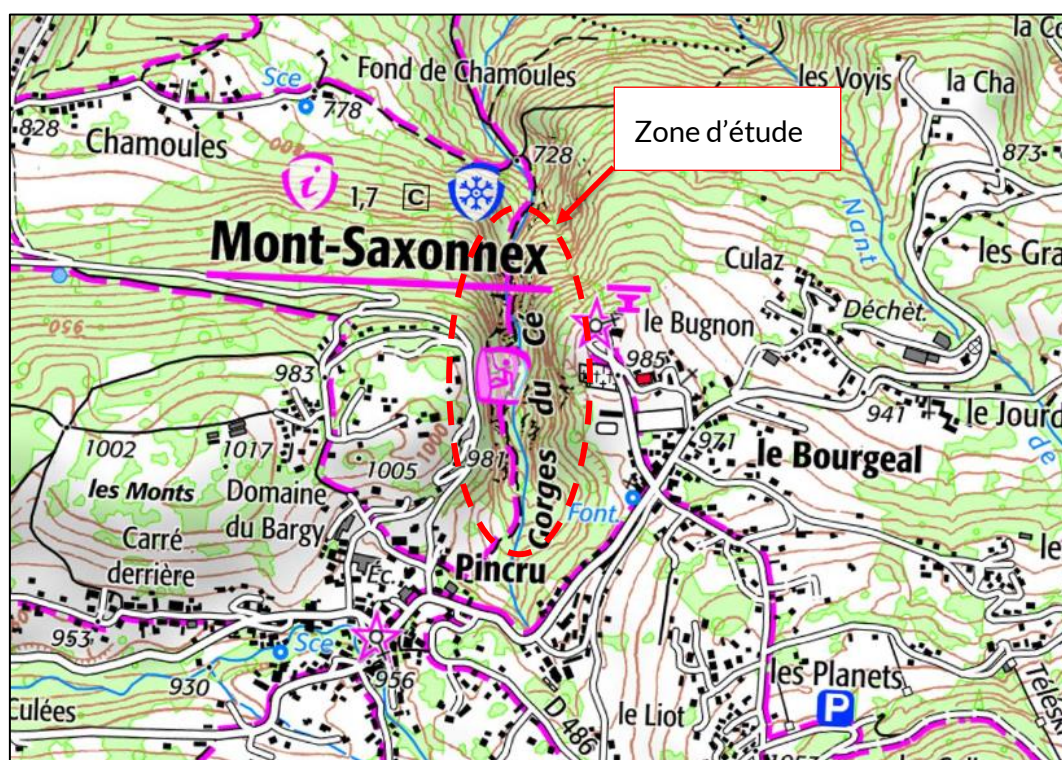
2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX

2.1 Contexte général

- ✓ Diversification de l'offre touristique toutes saisons à proximité du village à une altitude moyenne de 900m.
- ✓ Activités existantes : Zone de loisirs à proximité des parkings, mairie, église, GR au fond de la gorge ; escalade sur une partie rive droite et rive gauche de la Gorge ; station de ski altitude moyenne au-dessus du village. Offre randonnées...
- ✓ Public cible : familles avec propositions d'activités plus ou moins sportives ou plus ou moins pour aguerris « montagne », praticables de manière différenciée au sein d'une même famille. Collectivités en particulier les colonies de vacances et classes scolaires.
- ✓ Format de l'activité : demi-journée.
- ✓ Offre possiblement évolutive.
- ✓ Approche environnementale faune – flore : une étude a été réalisée.
- ✓ Concept intégrant les données environnementales, géotechniques et usages existants.
- ✓ Site classé défini par un périmètre autour de l'église.

2.2 Situation géographique et description du site

Le site d'implantation de la via ferrata se trouve au niveau des Gorges du Cé situées sur la commune de Mont-Saxonnex.



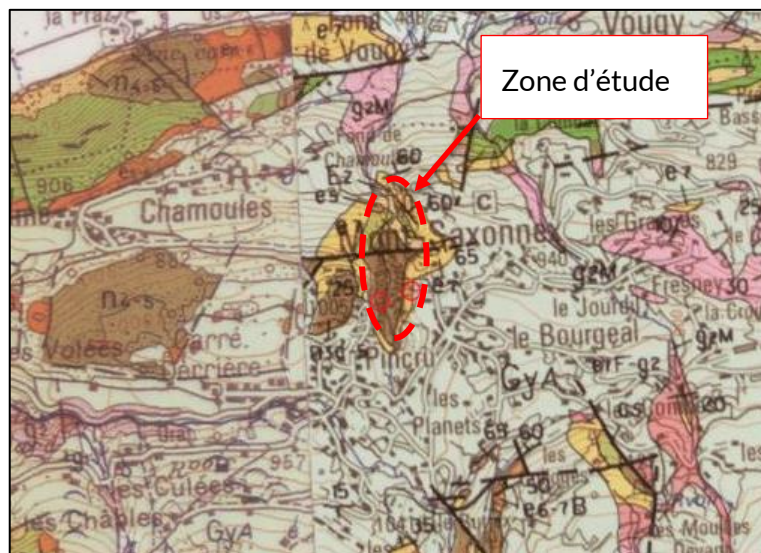
Localisation de la zone d'étude – Extrait de carte IGN au 1/25 000^{ème} (www.geoportail.gouv.fr)

2.3 Contexte géologique et géotechnique local

D'après la carte géologique de Cluses au 1/50 000^{ème}, les falaises des gorges du Cé sont constituées sur chacune des 2 rives par des calcaires massifs de l'Urgonien (n3d-5) à patine gris clair.

Ces formations présentent des bancs souvent métriques, voire décamétriques, recoupés par plusieurs familles de discontinuités formant ainsi des compartiments de volumes métriques à plurimétriques.

On note la présence d'un accident géologique (faille) orientée E-O au nord de notre zone d'étude.



Localisation de la zone d'étude – Extrait de carte géologique au 1/50 000ème (www.infoterre.brgm.fr)

2.4 Description du projet

Les études APS/APD réalisées par le groupement PRISME Aventures / Alpes Ingé, ont permis de retenir une première implantation du tracé de la via ferrata.

Le site des Gorges du Cé permet d'envisager une via ferrata avec deux itinéraires pour un linéaire total de 643 m. Le départ commun des deux itinéraires se fera en rive gauche des gorges. Il sera accessible depuis les parkings existants par des cheminements piétons à créer.

Les deux itinéraires proposés comportent chacun une passerelle permettant de traverser de la rive gauche à la rive droite des gorges. La sortie des deux itinéraires se fera en sommet de falaise en contre bas de l'église.

Le retour au parking de l'église (parking principal) se fera par un sentier commun à créer.

3 ETUDE DE PROJET DES VIA FERRATA

Le tracé des différents itinéraires est présenté en **annexe 2**.

3.1 Via ferrata des gorges du Cé

Les tracés des deux itinéraires retenus ont été élaboré lors de nos différentes visites de site et échange avec les différents acteurs du projet.

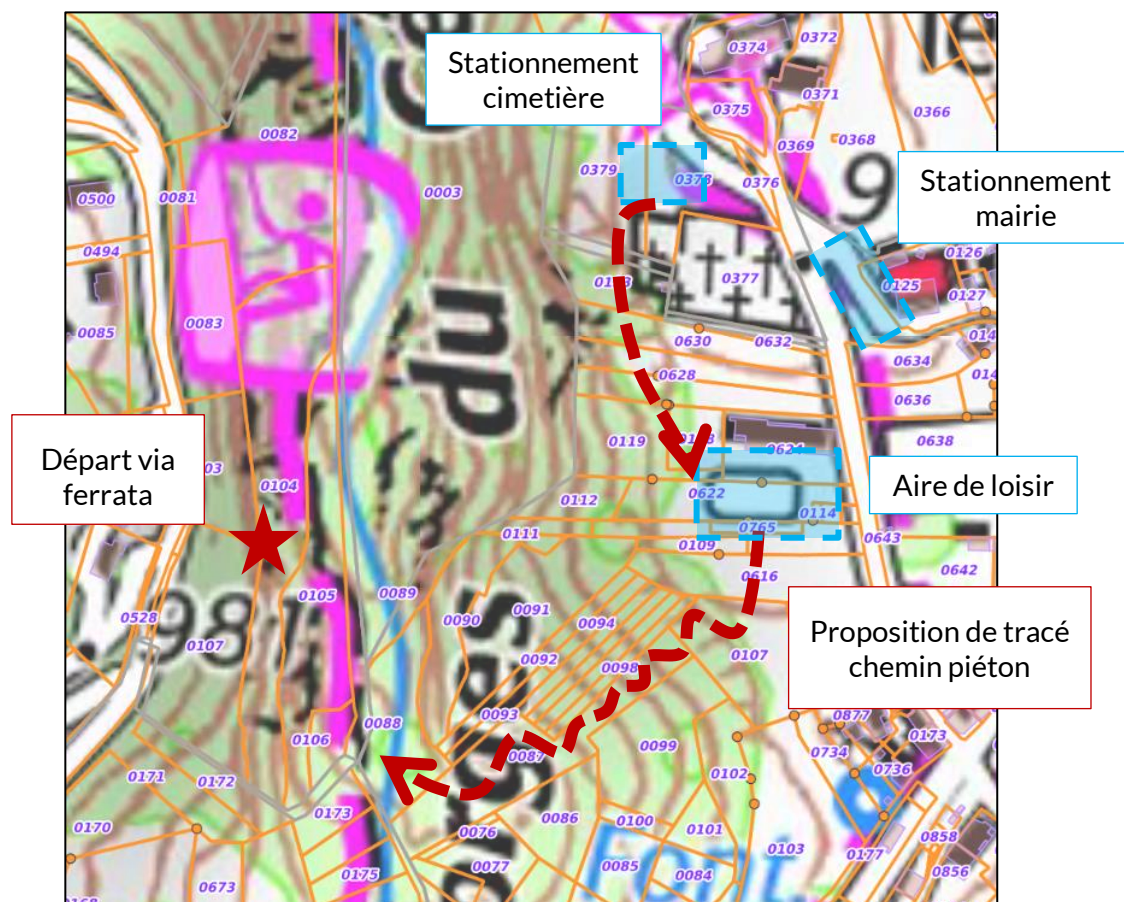
Les gorges du Cé sont marquées par des falaises calcaires d'une hauteur maximale d'environ 140m pour les points les plus hauts.

3.1.1 Chemins d'accès au départ de la via ferrata

❖ Le Bugnon – Parkings cimetièrre et mairie

Depuis les deux zones de stationnement existantes (cimetière et mairie) l'accès est possible en empruntant un sentier partiellement existant situé à l'aval du cimetière.

Depuis cette aire de loisir, les pentes des talus situés à l'aval permettent d'envisager la création d'un cheminement piéton jusqu'au fond des gorges à proximité du départ de la via ferrata. Le linéaire du sentier est estimé à ce stade du projet à 750ml.



Tracé du cheminement piéton depuis l'aire de loisir en rive droite des gorges

Remarque importante : Le tracé du cheminement a été revu à la suite de l'impossibilité d'obtenir une servitude auprès du propriétaires actuel de la parcelle n°0099. Il devra se faire uniquement sur la parcelle n°0087 par une bande de terrain présentant une largeur de 9m sur sa portion la plus étroite.

3.1.2 Itinéraire AB de la via ferrata

Cette portion constitue la partie commune aux deux itinéraires de via ferrata et correspond aux sections numérotées S1AB à S3AB.

Le départ de la via ferrata se fait en rive gauche des gorges, en amont du site d'escalade. La via ferrata débute sur une vire naturelle suivie d'une paroi rocheuse qu'on suivra en traversée sur l'ensemble du linéaire commun jusqu'à atteindre une succession de 2 grottes.

Ce linéaire d'environ 202ml ne présente pas de difficultés particulières et sera accessible au plus grand nombre. Ils se décomposent de la manière suivante :

- 53 ml de cheminement horizontal en falaise ;
- 120 ml de cheminement horizontal sur vire ou à flanc de versant ;
- 17 ml de cheminement vertical en falaise
- 1 pont de singe de 12 ml

Un practice pourra être installé au départ de la via ferrata.

Le cheminement se fait au niveau d'un banc calcaire présentant peu de risque de chute de blocs d'après nos premières observations. Il se situe suffisamment loin des talus sommitaux pour ne pas être directement exposé par des chutes de blocs provenant des sommets des falaises.

3.1.3 *Itinéraire A de la via ferrata*

La seconde variante sera plus exigeante physiquement. Après la portion commune, l'itinéraire traverse en rive droite par une passerelle. L'itinéraire se poursuit à flanc de falaise et débouche en sommet de la falaise sous l'église. Ce tracé correspond aux sections S4A à S7A.

Ce linéaire d'environ 217 ml se décompose de la manière suivante :

- 50 ml de cheminement horizontal en falaises ;
- 37 ml de cheminement horizontal sur vire ou à flanc de versant ;
- 37 ml de cheminement vertical en falaise ;
- 1 passerelle de 85 ml ;
- 1 poutre de 10 ml.

Le cheminement se fait essentiellement à l'horizontale dans la falaise en pied d'une strate calcaire compacte. D'après nos observations, une majorité du linéaire semble protégé par un surplomb naturel.

On constate cependant une fracturation très importante sur toute la tête de falaise. Une sécurisation spécifique sera nécessaire à l'aplomb de la passerelle et au niveau du dernier tronçon vertical.

3.1.4 *Itinéraire B de la via ferrata*

Cette première variante est considérée comme la plus accessible. Elle se poursuit après l'itinéraire commun en rive gauche des gorges jusqu'à une passerelle qui permet de rejoindre le sommet de falaise en rive droite sous l'église. Ce tracé correspond aux sections S4B à S8B.

Ce linéaire d'environ 224 ml ne présente pas de difficultés particulières. Il se décompose de la manière suivante :

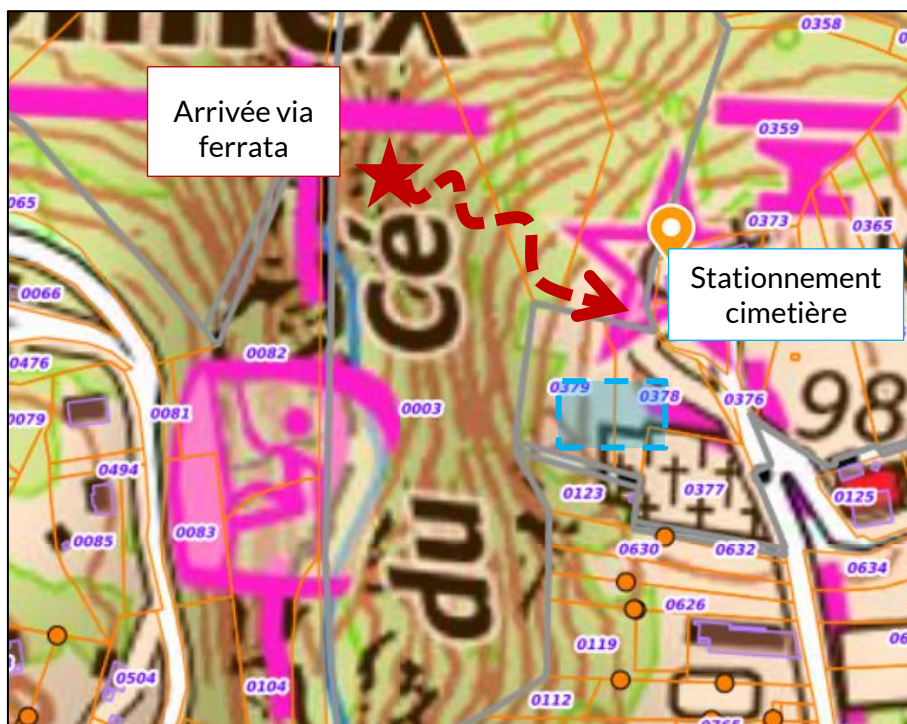
- 40 ml de cheminement horizontal en falaise ;
- 40 ml de cheminement horizontal sur vire ou à flanc de versant ;
- 45 ml de cheminement vertical en falaise ;
- 2 passerelles de 25 ml et de 60 ml ;
- 1 pont de singe de 9 ml ;
- 1 poutre de 5 ml.

Le cheminement se fait à flanc de falaise et reste exposé aux chutes de pierres/blocs notamment au niveau des zones de fracturation plus importante située en sommet de falaise. Le tracé a été fait de manière à éviter au maximum les plus gros volumes identifiés lors de notre visite.

Des masses potentiellement instables sont présentes à proximité des passerelles notamment. Des travaux de sécurisation seront nécessaires afin d'assurer la sécurité des usagers et la pérennité des ouvrages.

3.1.5 Chemin de retour

Le cheminement retour se fera par un sentier permettant d'accéder à l'extrémité Nord du parking en évitant le périmètre du site classé, en partie basse ce cheminement reprendra une sente existante qui sera restaurée.



Tracé du cheminement piéton de retour de la via ferrata



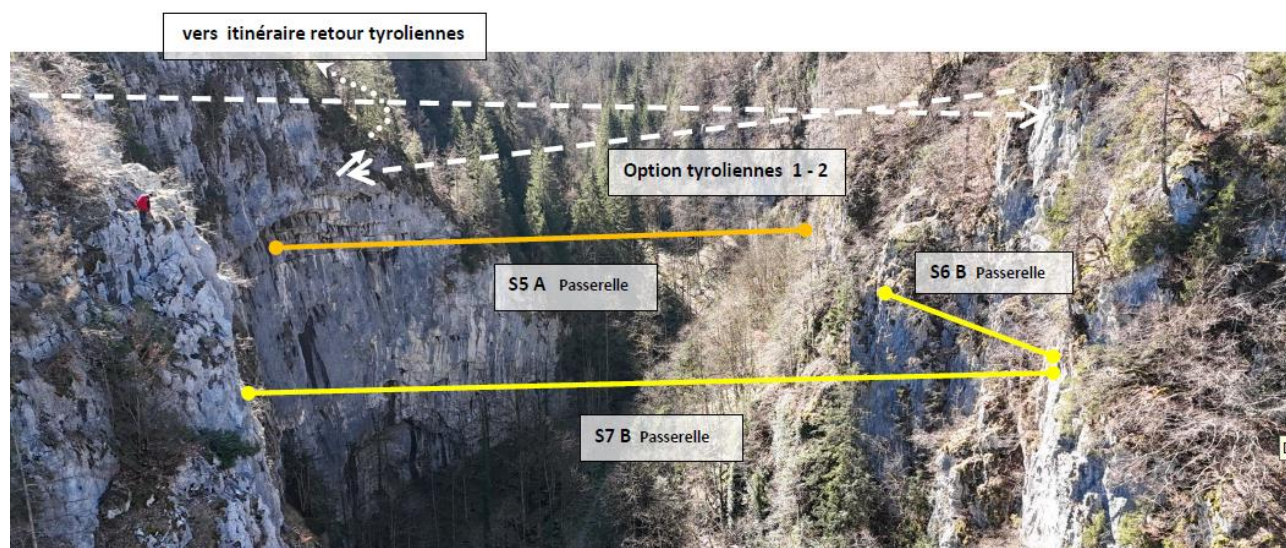
Implantation du cheminement vis-à-vis du site classé

3.1.6 Tyroliennes

La configuration du site permettra création d'une succession de deux tyroliennes permettant de compléter l'offre de la via ferrata.

Le départ des tyroliennes se fera en rive droite des gorges à proximité de la sortie des itinéraires de via ferrata. L'enchaînement de deux tyroliennes permettra d'atteindre le sommet de falaise plus au Sud des gorges.

Un cheminement câblé devra être créé à la sortie pour rejoindre le sentier d'accès depuis l'aire de loisir.



Tracé des tyroliennes 1 et 2

3.2 Tableau récapitulatif des itinéraires

VF	Section	VIA FERRATA GORGES DU CE Description sommaire Itinéraire B-C PRO	Observations	Risque de chutes de blocs	Linéaire total	Sentier	Cheminement horizontal en falaise	Cheminement sur vire ou à flanc de versant	Cheminement vertical en falaise	Passerelle	Pont de singe	Poutre / encoiraillement	Tyrolienne Option
A & B	Sentier d'accès à la via ferrata	Sentier d'accès sur 90m dénivelé, depuis le parking cimetière vers fond gorge et sentier existant	Cheminement dans un talus sans affleurement rocheux	Faible	850 ml	850 ml							
A & B	Sentier d'accès à la via ferrata	Sentiers départ de la VF rive gauche depuis le fond de la gorge depuis sentier existant	Cheminement dans un talus sans affleurement	Faible	150 ml	150 ml							
A & B	S1 AB Vire	Vire de départ de la VF- Cheminement sur vire boisée dominant le secteur escalade	Cheminement sur vire avec présence de blocs/pierrres fracturés principalement en sommet de falaise	Faible à Moyen	85 ml		8 ml	70 ml	7 ml				
A & B	S2 AB Traversée rocheuse vers tour	Traversée horizontale en falaise-Accès tour végétalisée-	Cheminement en falaise avec présence de blocs/pierrres fracturés principalement en sommet de falaise	Faible à Moyen	67 ml		35 ml	10 ml	10 ml		12 ml		
A & B	S3 AB Traversée des grottes	Traversée des grottes jusqu'au pilier jonction de parcours B parcours C	Cheminement sur vire avec présence de blocs/pierrres fracturés principalement en sommet de falaise	Faible à Moyen	50 ml		10 ml	40 ml					
A	S4 A	Montée sur pilier	Présence de blocs fracturé en sommet de falaises	Faible à Moyen	12 ml				12 ml				
A	S5 A passerelle	Passerelle planches - traversée vers rive droite arrivée sous surplomb	Rocher fortement fracturé en sommet de falaise	Moyen à Fort	85 ml					85 ml			
A	S6 A	Cheminement horizontal - jusqu'au grand pilier- strate - vire plus ou moins marquées	Sommet de falaise avec bloc allongés fortement découpés	Faible à Moyen	70 ml		40 ml	20 ml				10 ml	
A	S7 A	Montée sur le pilier - sortie sur gradins sup. avant début sentier retour	Sommet de falaise fortement fracturé	Moyen à Fort	50 ml		10 ml	15 ml	25 ml				
B	S4 B Traversée sous pilier	Traversée à la base du pilier - Vire boisée - vers couloir végétalisé	Cheminement sur vire avec présence de blocs/pierrres fracturés principalement en sommet de falaise	Faible à Moyen	35 ml		25 ml	10 ml					
B	S5 B Montée rive couloir-Traversée	Montée rive droite d'un couloir-franchissement Pt de S- Traversée vires vers départ pass.	Cheminement sur vire avec présence de blocs/pierrres fracturés principalement en sommet de falaise	Faible à Moyen	54 ml		10 ml	15 ml	15 ml		9 ml	5 ml	
B	S6 B Passerelle1	Passerelle franchissement d'un couloir vers pilier	Blocs fracturés au dessus des zones de départ et d'arrivée de la passerelle et au niveau du couloir	Faible à Moyen	35 ml				10 ml	25 ml			
B	S7 B Passerelle 2	Passelle d'accès à la rive droite	Blocs fracturés au dessus des zones de départ et d'arrivée de la passerelle avec un risque plus important en rive droite	Moyen à Fort	65 ml		5 ml			60 ml			
B	S8 B Pilier rive droite-Sortie	Ascension de la partie sup. du pilier sortie dans gradins sup vers départ sentier retour	Sommet de falaise fortement fracturé	Moyen à fort	35 ml			15 ml	20 ml				
A & B	Sentier retour vers parking	Sentier sur 40m de dénivellation vers parking cimetière	Cheminement dans un talus en sommet de falaise	Faible	350 ml	350 ml							
Totaux					1 993 ml	1 350 ml	143 ml	195 ml	99 ml	170 ml	21 ml	15 ml	
Tyro	Tyroliennes (OPTION)	Dép.sommet RD - Arrivée RG- Départ RG -Arrivée RD- retour par cheminement câblé vers arrivée VF	Présence de blocs fracturés en sommet de falaises à l'aplomb des tyroliennes	Moyen	425 ml	100 ml	20 ml	120 ml					185 ml
Total itinéraire commun (hors sentiers)					202 ml		53 ml	120 ml	17 ml		12 ml		
Total VF A Seule (hors sentiers)					217 ml		50 ml	35 ml	37 ml	85 ml		10 ml	
Total VF A + itinéraire commun (hors sentier)					419 ml		103 ml	155 ml	54 ml	85 ml	12 ml	10 ml	
Total VF B Seule (hors sentiers)					224 ml		40 ml	40 ml	45 ml	85 ml	9 ml	5 ml	
Total VF B + itinéraire commun (hors sentiers)					403 ml		68 ml	150 ml	74 ml	85 ml	21 ml	5 ml	
Total VF A & B (hors sentiers)					643 ml		143 ml	195 ml	99 ml	170 ml	21 ml	15 ml	

3.3 Equipement de la via ferrata

L'ensemble du matériel à mettre en place devra être conforme à la norme NF EN 16869 de novembre 2017 et aux recommandations du guide de savoir-faire de l'AFIT de 1996 sur « les via ferrata en France ».

Les câbles seront de type 7*19 à âme acier. La fixation des câbles sur les broches et/ou queues de cochon se fera à l'aide de serre-câbles et de cosses-cœur, conformément aux normes en vigueur.

Les broches et/ou queues de cochon, devront résister à des efforts de 15 kN en traction et 40 kN en flexion / cisaillement. Elles seront scellées dans le rocher à la résine sur une longueur minimale de 120 mm.

L'ensemble du système sera adapté à un système de ligne de vie continue.

Les échelons, marches et rampes seront en acier inox avec un diamètre minimal de 16 mm. Les rampes seront en acier lisse pour améliorer le confort de préhension.

Les diamètres de câbles seront de :

- 12 mm pour les câbles de ligne de vie de la via ferrata ;
- 16 mm pour les câbles de pied et de main des ponts de singe et pont tibétain.



Exemples d'un pont de singe à gauche et pont tibétain à droite

Chaque passerelle planches sera constituée des éléments suivants :

- 1 ligne de vie principale constituée d'1 câble en acier de 20 mm de diamètre et fixés au rocher via des platines de fixation maintenues par des ancrages passifs.
- 1 ligne de vie secondaire constituée d'un câble en acier de 12 mm de diamètre fixé sur la ligne de vie principale de manière à créer des fractionnements tous les 5 m ;
- 2 câbles de main en acier de 16 mm de diamètre fixés au rocher via des ancrages passifs.
- 2 câbles de pied en acier de 16 mm de diamètre fixés au rocher via des ancrages passifs.
- Des suspentes espacées de 1.50 m et constituées de câble en acier de 10 mm de diamètre permettant de solidariser les câbles de main et de pied ;
- 1 platelage constitué de planches en mélèze ou en bois traité de classe 4.

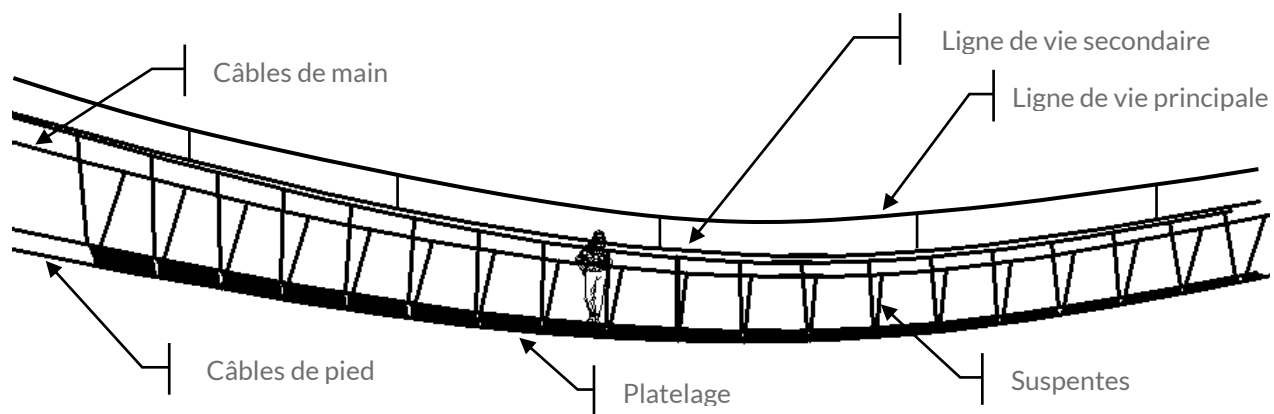


Schéma de principes de passerelle planche



Exemple d'une passerelle planche réalisée selon ce principe

4 RISQUES NATURELS

Comme tous les sites d'activités sportives de montagne, la via ferrata sera soumise aux risques naturels, et en particulier aux risques de chutes de pierres et de blocs issus des secteurs amont de la falaise.

Les différentes familles de fractures du massif rocheux se conjuguent pour former des blocs potentiellement instables, dont la chute pourrait blesser les usagers de la via ferrata et endommager les installations.

La falaise est elle-même soumise à des cycles de gel-dégel qui conduisent à une fracturation plus ou moins intense du rocher (gélifraction) et à l'apparition de chutes de pierres de petite taille, notamment pendant les périodes de dégel.

L'itinéraire a été tracé de manière à limiter au maximum les risques pour les usagers. Les risques de chutes de blocs sont globalement faibles à moyens pour l'ensemble de l'itinéraire, sauf au niveau des zones de départs et arrivées des passerelles et de la dernière section du cheminement en rive droite.

Les principales instabilités sont localisées en sommet des falaises et notamment en rive droite où la fracturation du rocher est plus marquée.

On note également un grand nombre de déchet et débris de tout genre (verres, carrosserie de voiture...) qui sont présents dans les premiers talus à l'aval de la route en rive gauche. Ces éléments peuvent présenter un risque s'ils sont remobilisés.

Des travaux de sécurisation devront être réalisés avant de démarrer les travaux d'aménagement de la via ferrata proprement dit. Il s'agira dans un premier temps de réaliser une purge manuelle en techniques acrobatiques de l'ensemble de la falaise à l'amont et au niveau de l'itinéraire. Cette purge permettra également de repérer les zones nécessitant des travaux plus importants, soit par micro-déroctage, soit par confortement des masses instables à l'aide d'ancrages passifs.

Des ancrages passifs de confortement associés ou non à des protections surfaciques, seront nécessaires au droit des remontées verticales à la sortie des deux itinéraires. Ces travaux seront également nécessaires à l'amont des passerelles présentes sur l'itinéraire afin d'assurer la sécurité des usagers et la pérennité des ouvrages.

Ces travaux de sécurisation devront permettre d'abaisser le niveau de risque résiduel à faible sur l'ensemble des via ferrata.

Ces travaux permettront d'améliorer la sécurité des usagers vis-à-vis des risques naturels et de traiter les principales masses instables, mais ils ne pourront pas assurer une sécurisation à 100 % de l'itinéraire, ce qui est totalement illusoire dans ce type de site. Le port du casque restera obligatoire dans la via ferrata.

La localisation des principales instabilités est présentée en **annexe 3**.

5 DIMENSIONNEMENT DES PASSERELLES, PONTS SUR CÂBLE ET TYROLIENNES

5.1 Vérification de la solidité des câbles

5.1.1 Méthode de calcul

En fonction de la longueur du câble L , de sa flèche F et des cas de charge à reprendre, les efforts à l'ELS (efforts non pondérés) dans le câble se calculent comme suit :

- Effort horizontal : $F_h = P * L^2 / 8F + Q * L / 4F$
- Effort vertical : $F_v = (P * L + Q) / 2$
- Effort de traction dans le câble : $T = (F_h^2 + F_v^2)^{0.5}$

Avec : P : charges réparties le long du câble (poids propre du câble, poids des ateliers, neige ...)

Q : charges ponctuelles (usagers, charge accidentelle due à la chute d'une personne ...)

On recherche un coefficient de sécurité de 4 par rapport à la charge de rupture du câble réduite de 20 % pour tenir compte du mode de fixation en phase d'exploitation (boucle constituée d'une cosse-cœur et de 4 serre-câbles).

On distingue les cas de charge suivants :

- Câble de ligne de vie : poids propre du câble + charge ponctuelle accidentelle de 500 kg due à la chute d'une personne + poids des autres usagers (100 kg par personne)
- Câbles porteurs en exploitation : poids propre du câble et des ateliers + poids des autres usagers
- Câbles porteurs hors exploitation (période hivernale) : poids propre du câble et des ateliers + poids de la neige (100 kg/m²)

Pour limiter la charge à reprendre, nous avons limité le nombre de personnes pouvant passer sur les passerelles et ponts sur câbles. Une signalétique spécifique devra être mise en place de chaque côté des ouvrages.

NB : Les charges au vent n'ont pas été considérées en phase projet.

5.1.2 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul des ouvrages à réaliser sont les suivants :

LIGNE DE VIE	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE
Portée de l'atelier	12 m	85 m	9 m	25 m	60 m
Flèche des câbles	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 20
	0,60 m	4,25 m	0,45 m	1,25 m	3,00 m
Type de câble	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva
Diamètre du câble	16 mm	22 mm	16 mm	22 mm	22 mm
Résistance à la rupture	161 kN	305 kN	161 kN	305 kN	305 kN
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	129 kN	244 kN	129 kN	244 kN	244 kN
Poids propre du câble	1,02 kg/ml	1,94 kg/ml	1,02 kg/ml	1,94 kg/ml	1,94 kg/ml
Nombre de personnes (100 kg / personne)	2	7	2	7	7

CÂBLES PORTEURS	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE
Type de câble	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva
Diamètre du câble	16 mm	18 mm	16 mm	16 mm	16 mm
Résistance à la rupture	161 kN	205 kN	161 kN	161 kN	161 kN
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	129 kN	164 kN	129 kN	129 kN	129 kN
Nombre de câbles porteurs	1	2	1	2	2
Poids propre des câbles	1,02 kg/ml	2,58 kg/ml	1,02 kg/ml	2,04 kg/ml	2,04 kg/ml

LIGNE DE VIE	TYROLIENNE N°1	TYROLIENNE N°2
Portée de l'atelier	85 m	100 m
Flèche des câbles	L/ 30	L/ 30
	2,83 m	3,33 m
Type de câble	7*19 AM galva	7*19 AM galva
Diamètre du câble	12 mm	12 mm
Résistance à la rupture	90 kN	90 kN
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	72 kN	72 kN
Poids propre du câble	0,58 kg/ml	0,58 kg/ml
Nombre de personnes (100 kg / personne)	2	2

5.1.3 Vérification des câbles

LIGNE DE VIE	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	129 kN	244 kN	129 kN	244 kN	244 kN
Effort de traction dans le câble	30 kN	59 kN	30 kN	57 kN	58 kN
Coefficient de sécurité sur le câble (> 4)	4,23 OK !	4,10 OK !	4,24 OK !	4,32 OK !	4,19 OK !

CÂBLES PORTEURS	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	129 kN	164 kN	129 kN	129 kN	129 kN
Nombre de câbles porteurs	1	2	1	2	2
Effort de traction dans un câble en exploitation	8 kN	38 kN	8 kN	21 kN	31 kN
Coefficient de sécurité sur le câble (> 4)	15,42 OK !	4,26 OK !	15,57 OK !	6,11 OK !	4,17 OK !

LIGNE DE VIE	TYROLIENNE N°1	TYROLIENNE N°2
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	72 kN	72 kN
Effort de traction dans le câble	17 kN	17 kN
Coefficient de sécurité sur le câble (> 4)	4,26 OK !	4,18 OK !

La résistance des câbles de ligne de vie et des câbles porteurs est assurée, quel que soit le cas de charge et pour les portées considérées.

Dans le cadre des études d'exécution dues par l'entreprise qui réalisera la via ferrata, ces calculs devront être repris au démarrage des travaux en fonction des portées réelles.

La note de calcul détaillée des câbles figure en annexe 4.

5.2 Vérification de la solidité des ancrages

5.2.1 Mode de calcul

Les ancrages n'étant pas forés dans l'axe des câbles, il en résulte une composante en traction et une composante en cisaillement qui est fonction de l'angle d'arrivée du câble α et de l'angle de foration de l'ancrage β .

L'effort de traction T apporté par le câble se décompose donc en :

- Traction : $T_{\text{trac}} = T * \cos(\alpha + \beta)$
- Cisaillement : $T_{\text{cis}} = T * \sin(\alpha + \beta)$

Compte tenu de la flèche, l'angle d'arrivée des câbles α sera compris entre 6 et 11°.

Les ancrages seront forés avec un angle β minimum de 10° pour faciliter la mise en œuvre de la résine de scellement.

5.2.2 Hypothèses de calcul

❖ Caractéristiques des terrains :

En première approche et en l'absence d'essais de traction de conformité, nous retiendrons une valeur de frottement latéral unitaire moyen de 1200 kPa dans le substratum calcaire.

❖ Caractéristiques des ancrages :

Les ancrages seront constitués de broches à œil en inox de qualité 1.4307. Leurs caractéristiques figurent dans le tableau ci-dessous :

Type de broche / barre	Diamètre	Longueur totale (longueur forée)	Longueur résistante (moletage)	Diamètre de foration
Broche à œil Φ 25 mm	25 mm	800 mm	650 mm	32 mm
Barre pleine Φ 25 mm	25 mm	variable	variable	32 mm
Broche à œil Φ 18 mm	18 mm	400 mm	270 mm	22 mm
Broche à œil Φ 16 mm	16 mm	160 mm	120 mm	20 mm

Type de broche	Résistance à la traction après corrosion (*)	Résistance au cisaillement après corrosion (**)
Broche à œil Φ 25 mm	220 kN	110 kN
Barre pleine Φ 25 mm	220 kN	110 kN
Broche à œil Φ 18 mm	110 kN	55 kN
Broche à œil Φ 16 mm	85 kN	42 kN

(*) Suivant les prescriptions de l'annexe F de la norme NF P 94-270, avec une durée de vie de 10 ans et une corrosion moyenne.

(**) La résistance au cisaillement vaut la moitié de la résistance en traction.

La note de calcul de la résistance résiduel des ancrages corrodés figure en annexe 4.

❖ Coefficients de sécurité partiels et pondérateurs des actions :

Par analogie avec la norme NF P 94-270, les coefficients de sécurité partiels et pondérateurs des actions à appliquer selon le mode de rupture choisi sont les suivants :

Mode de rupture	Stabilité interne Approche 2
Sur action défavorable (*)	1.50
Sur l'acier des ancrages	1.00
Sur le frottement latéral	$1.40 * 1.10 = 1.54$
Sur le modèle	1.00

(*) Le coefficient pondérateur est normalement de 1.35 sur les charges permanentes, mais celles-ci étant faibles au regard des charges variables, nous avons appliqué un coefficient de 1.50 partout.

❖ Effort à reprendre par les ancrages :

ATELIERS	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE
Câble de ligne de vie	30 kN	59 kN	30 kN	57 kN
Câble porteur en exploitation	8 kN	38 kN	8 kN	21 kN

ATELIERS	S7B PASSERELLE	TYROLIENNE N°1	TYROLIENNE N°2
Câble de ligne de vie	58 kN	17 kN	17 kN
Câble porteur en exploitation	31 kN	Sans objet	Sans objet

5.2.3 Vérification des ancrages

Les calculs ont été réalisés selon l'approche 2 de l'EUROCODE 7. Pour chaque ancrage, nous avons vérifié que l'effort de traction maximale était inférieur à la résistance en traction de l'ancrage corrodé et à la résistance en traction du scellement et que l'effort de cisaillement maximal était inférieur à la résistance en cisaillement de l'ancrage corrodé.

Les caractéristiques des ancrages sont les suivantes :

Ouvrages	Ancrages de la ligne de vie	Ancrages des Câbles porteurs
Tyroliennes	Broche à œil Ø 25 mm Longueur 800 mm Diamètre de foration 32 mm	Sans objet
Ponts de singe	Broche à œil Ø 25 mm Longueur 800 mm Diamètre de foration 32 mm	Broche à œil Ø 18 mm Longueur 400 mm Diamètre de foration 22 mm
Passerelle	Barre pleine Ø 25mm Longueur 2000 mm Diamètre de foration 32mm	Barre pleine Ø 25mm Longueur 2000 mm Diamètre de foration 32mm

Les résultats des calculs figurent ci-après :

S2AB - PONT DE SINGE - PORTEE 12 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	30 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	800 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	5,01 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	8,91 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,28 OK !

ANCRAGES DES CÂBLES DE PIED	
Effort de traction dans le câble	8 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 18 mm
Longueur de l'ancrage	400 mm
Diamètre de foration	22 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	9,12 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	16,22 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,34 OK !

S5A - PASSERELLE - PORTEE 85 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	59 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	GEWI Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	3 000 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,56 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,55 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,82 OK !

ANCRAGES DES CÂBLES PORTEURS	
Effort de traction dans le câble	57 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	GEWI Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	2 000 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,67 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,75 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,90 OK !

S5B - PONT DE SINGE - PORTEE 9 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	30 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	800 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	5,01 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	8,91 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,28 OK !

ANCRAGES DES CÂBLES DE PIED	
Effort de traction dans le câble	8 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 18 mm
Longueur de l'ancrage	400 mm
Diamètre de foration	22 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	9,12 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	16,22 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,34 OK !

S6B - PASSERELLE - PORTEE 25 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	57 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	GEWI Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	2 000 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,70 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,79 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,92 OK !

ANCRAGES DES CÂBLES PORTEURS	
Effort de traction dans le câble	21 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	GEWI Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	2 000 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	7,23 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	12,85 OK !
Coefficient de sécurité scellement	5,15 OK !

S7B - PASSERELLE - PORTEE 60 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	58 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	GEWI Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	2 000 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,62 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,65 OK !
Coefficient de sécurité scellement	1,86 OK !

ANCRAGES DES CÂBLES PORTEURS	
Effort de traction dans le câble	40 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	GEWI Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	2 000 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	3,83 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	6,80 OK !
Coefficient de sécurité scellement	2,73 OK !

TYROLIENNE 1 - PORTEE 85 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	17 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 25 mm
Longueur de l'ancrage	800 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	8,94 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	18,18 OK !
Coefficient de sécurité scellement	2,28 OK !

TYROLIENNE 2 - PORTEE 100 M

ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP	
Effort de traction dans le câble	17 kN
Type de sol	Calcaire
Type d'ancrage	Broche à œil Ø 25 mm
Longueur de l'ancrage	800 mm
Diamètre de foration	32 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Coefficient de sécurité acier - Traction	8,94 OK !
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	18,18 OK !
Coefficient de sécurité scellement	2,28 OK !

La résistance des ancrages des câbles de ligne de vie et des câbles porteurs est assurée, quel que soit le cas de charge et pour les efforts considérés.

Dans le cadre des études d'exécution dues par l'entreprise qui réalisera la via ferrata, ces calculs devront être repris au démarrage des travaux en fonction des efforts réellement appliqués aux ancrages.

La note de calcul détaillée des ancrages figure en annexe 4.

6 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

6.1 Débroussaillage et élagage du site

L'enlèvement et l'évacuation des produits de débroussaillage et d'élagage seront réalisés au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Le lieu de mise en dépôt de ces produits sera soumis à l'agrément du maître d'ouvrage.

Les arbres à élaguer seront déterminés entre l'entrepreneur et le maître d'ouvrage au démarrage des travaux.

6.2 Travaux de purge

Les travaux de purge seront réalisés manuellement en veillant à ne pas déstabiliser les blocs se trouvant à l'arrière des zones à purger.

Si des volumes instables importants sont identifiés au moment des purges, des travaux complémentaires de type confortement par ancrages pourront être rendus nécessaires. Ils devront être définis par un bureau d'études géotechnique.

Durant cette phase de purge, l'accès aux gorges devra être strictement interdit. Une signalétique devra être mise en place au niveau des différents points d'accès aux gorges.

6.3 Confortement par ancrages des masses instables

Les ancrages seront réalisés par des moyens manuels. L'entreprise devra respecter les recommandations du guide technique du CEMAGREF pour la mise en œuvre des ancrages et la réalisation des scellements.

Une attention particulière sera apportée à la foration des ancrages pour détecter la présence éventuelle de failles ou de zones de moindre résistance non visible en surface.

En cas de doute sur la qualité du rocher, l'entreprise contactera un bureau d'études géotechnique pour définir les mesures complémentaires à mettre en œuvre pour garantir la pérennité des ouvrages.

L'entreprise devra tenir, pour chaque ancrage réalisé, une fiche de suivi précisant notamment :

- La description des cuttings et la présence éventuelle de failles,
- Les éventuelles venues d'eau,
- La longueur, le diamètre et l'inclinaison du forage réalisé,
- La longueur et le diamètre de la barre mise en place.

En complément, nous rappelons également les préconisations d'usage concernant les restrictions d'utilisation de la résine comme mortier de scellement :

- Température d'utilisation comprise entre 10 et 25° ;
- Absence de corps étrangers et d'eau dans le forage : trou de forage soufflé avant mise en œuvre de la résine ;
- Mise en place de l'armature immédiatement après l'injection (armature non remuée) ;
- Vérification de la résine qui « dégueule » du forage, après mise en place de la barre d'ancrage.

6.4 Equipement de la via ferrata

Les équipements de sécurité et de progression seront mis en place conformément aux prescriptions de la norme NF EN 16869 de novembre 2017 et aux recommandations du guide de savoir-faire de l'AFIT de 1996 sur « les via ferrata en France ».

Le scellement des équipements de sécurité et de progression (broches, échelons, marches, poignées, rampes ...) se fera à la résine. La préparation et la mise en œuvre de la résine de scellement devront être conformes aux spécifications du fournisseur.

Le câble en acier de la ligne de vie sera de type 7*19 à âme métallique, avec un diamètre de 12 mm. Il sera fixé sur les broches d'extrémité à l'aide de boucles équipées d'une cosse-cœur et de 4 serre-câbles au minimum. Dans les sections courantes, le câble de ligne de vie sera fixé sur les broches à l'aide d'un serre-câble.

L'installation du câble de ligne de vie respectera les prescriptions de la norme NF EN 16869, avec notamment un espacement maximal entre 2 points de fixation du câble de 6,0 m dans les parties horizontales et 3,0 m dans les parties verticales.

Les échelons, marches et rampes seront en acier inox de 16 mm de diamètre. Les rampes seront en acier lisse pour améliorer le confort de préhension.

6.5 Equipement des passerelles et ponts sur câbles

Le diamètre des câbles de ligne de vie et des câbles porteurs et le diamètre et la longueur des ancrages de fixation des câbles sont définis au paragraphe 5.1.2.

A chaque extrémité des lignes de vie, un ancrage de sécurité, dit « ancrage backup », sera mis en place entre 60 et 80 cm au-dessus de l'ancrage principal. Il aura les mêmes caractéristiques que l'ancrage principal et sera relié à la ligne de vie par un câble de même résistance que celui de la ligne de vie.

Le scellement des ancrages se fera à la résine. La préparation et la mise en œuvre de la résine de scellement devront être conformes aux spécifications du fournisseur.

Sur les lignes de vie des passerelles, une ligne de vie secondaire de 12 mm de diamètre sera installée sous la ligne de vie principale et reliée à cette dernière de manière à créer des fractionnements tous les 5 m.

L'installation des câbles et des différents ateliers se fera selon les règles de l'art.

7 ESTIMATION DES TRAVAUX A REALISER

Nous avons fait une estimation du montant des travaux à réaliser sur la base des prix pratiqués par des sociétés spécialisées dans la réalisation de ce type d'équipement.

Le montant total des travaux de construction de la via ferrata s'élève entre 370 000 € et 38 000 € HT en fonction des éventuelles options.

L'estimation détaillée du montant des travaux figure ci-après :

DQE MONT SAXONNEX VIA FERRATA ET TYROLIENNES					
N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	PRIX UNITAIRE HT	QUANTITE	MONTANT TOTAL HT
TRANCHE FERME					
1	INSTALLATION DE CHANTIER				
1.1	Amené-repli de l'entreprise et installation de chantier	F	22 000,00 €	1	22 000,00 €
1.2	Etablissement du PAQ, du PPSPS et du dossier d'exécution des travaux	F	6 800,00 €	1	6 800,00 €
1.3	Etablissement du dossier de récolement des ouvrages exécutés	F	1 200,00 €	1	1 200,00 €
	Sous-total 1				30 000,00 €
2	TRAVAUX PREPARATOIRES				
2.1	Purge manuelle et débroussaillages préalable	J équ.	1 000,00 €	25	25 000,00 €
2.2	Ancrages GEWI 25 pour sécurisation de blocs	ml	180,00 €	15	2 700,00 €
	Sous-total 2				27 700,00 €
3	PARCOURS DES VIA FERRATA				
3.1	Sentiers d'accès et de retour largeur = 40 à 50cm	ml	30,00 €	1 350	40 500,00 €
3.2	Cheminement câblé sur vîres	ml	80,00 €	195	15 600,00 €
3.3	Cheminement câblé en falaise	ml	300,00 €	242	72 600,00 €
3.4	Ponts de singe	ml	350,00 €	21	7 350,00 €
3.5	Passerelle Planches	ml	550,00 €	170	93 500,00 €
3.6	Poutres / encorbellement	ml	180,00 €	15	2 700,00 €
	Sous-total 3				232 250,00 €
4	PARCOURS TYROLIENNES				
4.1	Purge manuelle et débroussaillages préalable	J équ.	1 000,00 €	2,0	2 000,00 €
4.2	Sentiers d'accès et de retour largeur = 40 à 50cm	ml	30,00 €	100	3 000,00 €
4.3	Cheminement câblé sur vîres	ml	80,00 €	120	9 600,00 €
4.4	Cheminement câblé en falaise	ml	300,00 €	20	6 000,00 €
4.5	Tyroliennes	ml	30,00 €	185	5 550,00 €
4.6	Plateformes départ-intermédiaire-arrivée	F	15 000,00 €	1	15 000,00 €
	Sous-total 4				41 150,00 €
5	ESSAIS DE CONTRÔLE EN COURS DE TRAVAUX				
5.1	Essais de traction de conformité au démarrage des travaux	U	800,00 €	3	2 400,00 €
5.2	Essais de traction de contrôle sur les ancrages des ateliers	U	380,00 €	14	5 320,00 €
5.3	Essais de traction de contrôle sur les ancrages des via ferrata	F	2 000,00 €	1	2 000,00 €
	Sous-total 5				9 720,00 €
6	SIGNALETIQUE ACCES RETOUR ET VIA FERRATA				
6.1	Panneaux information et consignes sécurité sur support	U	2 200,00 €	2	4 400,00 €
6.2	Signalétique directionnelle sur sentiers sur supports	U	350,00 €	6	2 100,00 €
6.3	Panneau de sécurité au départ de la VF	U	1 000,00 €	1	1 000,00 €
6.4	Panneaux info et consignes dans la VF	U	150,00 €	14	2 100,00 €
	Sous-total 6				9 600,00 €
ALEAS DIVERS 5 %					17 521,00 €
TOTAL GENERAL TRANCHE FERME			TOTAL HT	367 941,00 €	
			TVA 20 %	73 588,20 €	
			TOTAL TTC	441 529,20 €	

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	PRIX UNITAIRE HT	QUANTITE	MONTANT TOTAL HT
TRANCHE OPTIONNELLE - PROVISIONS					
6	PROVISIONS TRAVAUX PREPARATOIRES				
6.1	Ancrages GEWI 25 pour sécurisation de blocs	ml	180,00 €	45	8 100,00 €
6.2	Protection surfacique (grillage/filet de câbles)	m²	80,00 €	25	2 000,00 €
	Sous-total 2				10 100,00 €
ALEAS DIVERS 5 %					505,00 €
TOTAL GENERAL TRANCHE OPTIONNELLE			TOTAL HT		10 605,00 €
			TVA 20 %		2 121,00 €
			TOTAL TTC		12 726,00 €
TOTAL TRANCHE FERME			TOTAL HT		367 941,00 €
TOTAL TRANCHE OPTIONNELLE			TOTAL HT		10 605,00 €
TOTAL GENERAL			TOTAL HT		378 546,00 €
			TVA 20 %		73 588,20 €
			TOTAL TTC		452 134,20 €

8 PLANNING DE REALISATION DES TRAVAUX

La durée totale des travaux est estimée à **16 semaines** pour l'ensemble des tranches (ferme + optionnelle).

Le planning détaillé de réalisation des travaux figure ci-dessous :

MONT SAXONNEX VIA FERRATA ET TYROLIENNE - PLANNING DE REALISATION DES TRAVAUX																	
DEROULEMENT DES TRAVAUX		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ordre de sevice prescrivant le démarrage des travaux																	
Travaux	Préparation des travaux et installation de chantier																
	Travaux préparatoires																
	Purges manuelle de la falaise en techniques acrobatiques																
	Confortement des masses instables par ancrages																
	Equipement de l'itinéraires																
	Equipement des tyroliennes																
	Réglages des câbles et finitions																
	Travaux annexes et signalétiques																
Réception générale des travaux																	

9 CONDITIONS D'EXPLOITATION DE LA VIA FERRATA

Nous vous recommandons de réfléchir dès à présent au mode d'exploitation de la via ferrata que vous souhaiteriez mettre en place. Un libre accès du public, sans surveillance particulière, est généralement de règle pour ce type d'équipement, mais d'autres formules existent.

Nous attirons également votre attention sur le fait que ce type d'installation nécessite la mise en place de mesures de surveillance régulières afin de prévenir toutes dégradations des équipements.

Sur la base de ce qui se fait en France pour les parcours acrobatiques en hauteur, ces mesures pourraient être les suivantes :

- une visite de contrôle hebdomadaire ou mensuelle (fréquence à définir) pendant la période d'ouverture au public : contrôle visuel sommaire des équipements et des abords pour vérifier leur état et repérer les éventuels blocs instables. Cette visite devra être suivie d'une purge si besoin ;
- une visite de contrôle annuelle de l'installation à confier à une personne qualifiée (selon la norme NF EN 16869) : contrôle visuel détaillé de l'ensemble des équipements (câbles, dispositifs de sécurité et de progression, tyroliennes, ponts ...), identification des risques et définition, le cas échéant, des travaux de maintenance et de sécurisation à réaliser. Cette visite pourrait être réalisée à la fin de la période hivernale avant la réouverture estivale.

10 CONCLUSIONS

Suite à la demande du département de la Communauté de Commune Arves et Montagne, Alpes Ingé et PRISME Aventures ont réalisé l'étude technique de projet de la via ferrata des gorges du Cé sur la commune de Mont-Saxonnex (74).

Ce projet de via ferrata vise à contribuer à l'offre touristique de la commune et est destiné à un public large encadré ou non par des professionnels.

L'objectif de notre étude était d'identifier un ou plusieurs cheminements possibles de la via ferrata. Les deux itinéraires proposés permettront de toucher un large public en présentant un fort attrait notamment avec les passerelles traversant les gorges. La réalisation de tyroliennes (option d'aménagement) serait un atout supplémentaire pour le développement du site.

Les cheminements proposés figurent en **annexe 2**. Il s'agit d'un avant-projet qui devra être affiné lors de la réalisation de l'étude de projet. Cette étude intégrera également les conclusions de l'étude de faisabilité environnementale.

Les calculs de vérification de la solidité des principaux éléments des passerelles et ateliers sont détaillés dans le présent rapport.

Comme tous les sites d'activités sportives de montagne, cette via ferrata est soumise à des risques de chutes de pierres et de blocs. Des travaux de sécurisation devront être réalisés avant de démarrer les travaux d'aménagement proprement dit. Ces travaux permettront d'améliorer la sécurité des usagers vis-à-vis des risques naturels et de traiter les principales masses instables, mais ils ne pourront pas assurer une sécurisation à 100 % de l'itinéraire, ce qui est totalement illusoire dans ce type de site. Le port du casque restera obligatoire dans la via ferrata.

Les travaux de sécurisation à réaliser seront définis de manière plus précise lors de l'étude de projet.

Le montant total des travaux de construction de la via ferrata s'élève à environ 380 000€ HT pour les deux itinéraires y compris la création de deux tyroliennes.

Il ne comprend pas le coût de la maintenance annuelle de l'installation, qui peut être estimé entre 3 000 et 5 000 € HT par an, en fonction des travaux à réaliser.

Annexe 1 – NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'Ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 – Classification des missions d'Ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'Ingénierie géotechnique

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles). • Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. • Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). • Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). • donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. • Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 2 – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

2- Situation du projet

3- Vue générale itinéraire rive gauche et passerelles

4- Vue rive gauche sections S1AB/S2AB/S3AB

5- Vue rive gauche sections S2AB/S3AB

6- Vue rive gauche sections S3AB/S4B/S4A/Passerelle S5A

7- Vue rive gauche sections S4B/S5B

8- Vue rive gauche sections S4B/S5B/S6B passerelle/S7B passerelle vers rive gauche

9- Vue rives droite gauche passerelles S6B/S7B

10- Vue rives droite gauche passerelle S7B/S8B

11- Vue Passerelles et option tyroliennes de retour

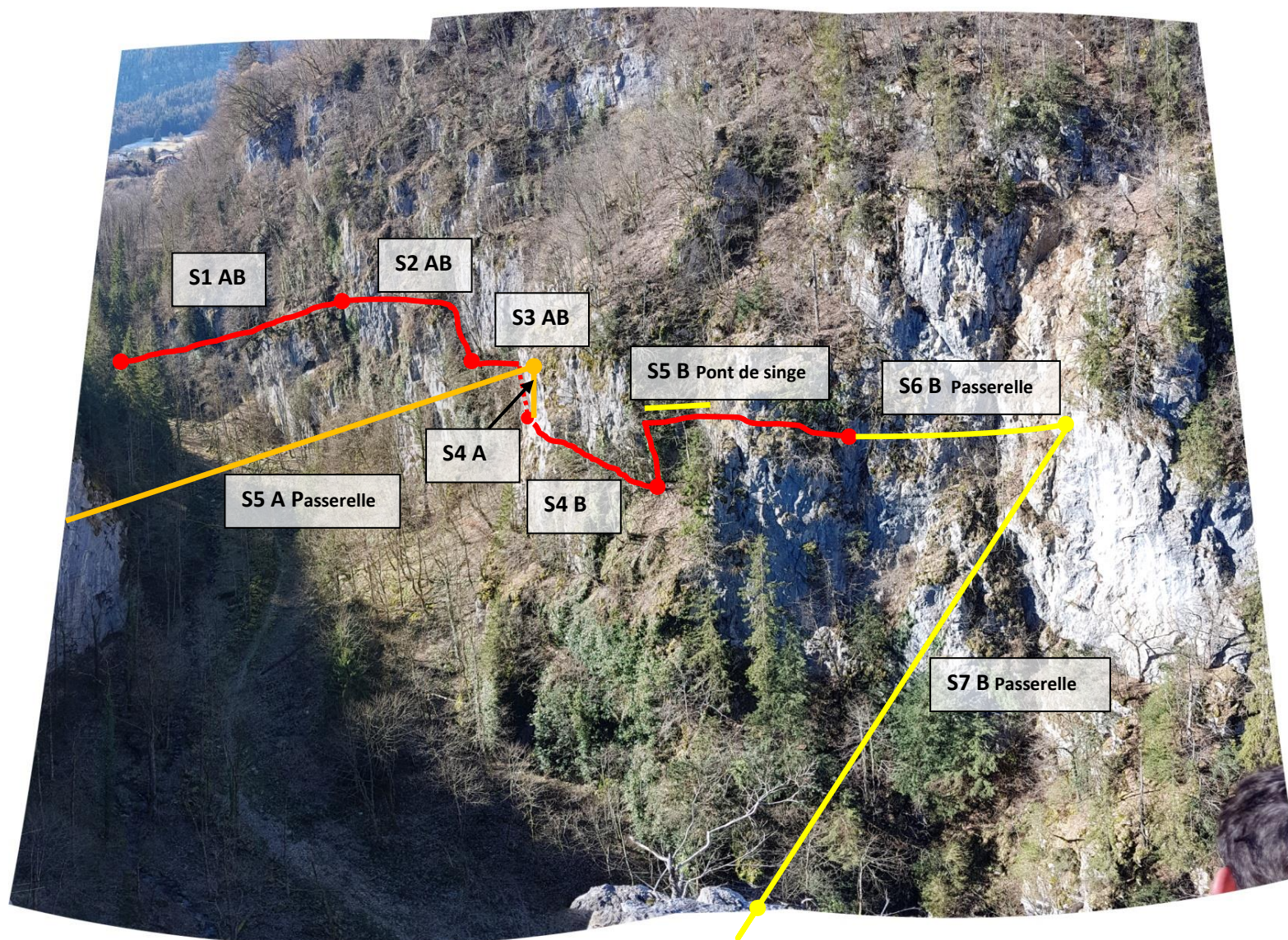
12- Vue S7B/ S8B sortie pilier rive droite

13- Vue aérienne passerelles sortie rive droite

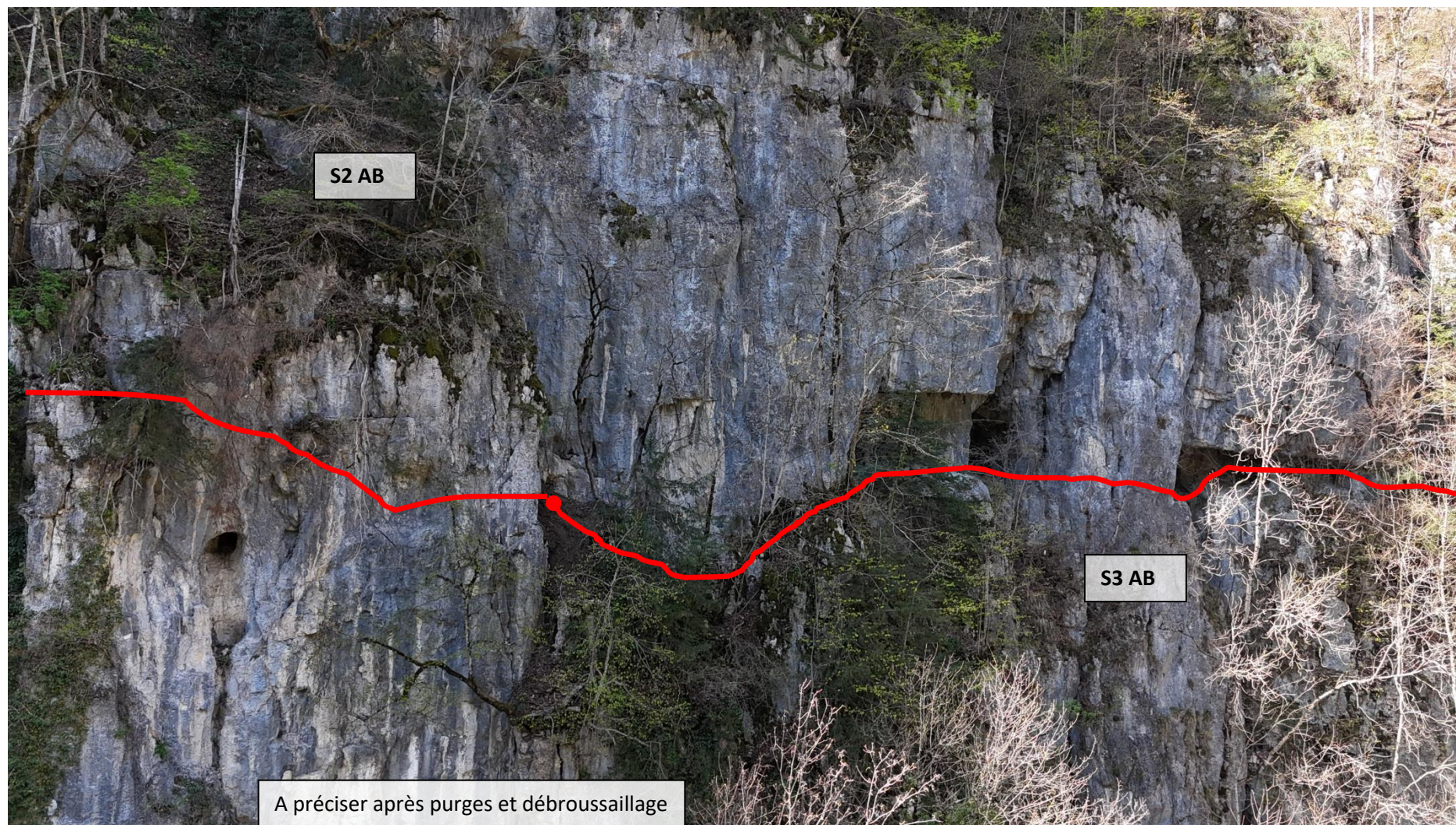
14- Vue rive droite S7B passerelle/S8B/S5A passerelle/S6A/S7A arrivées des itinéraires

15- Sentiers accès et retour

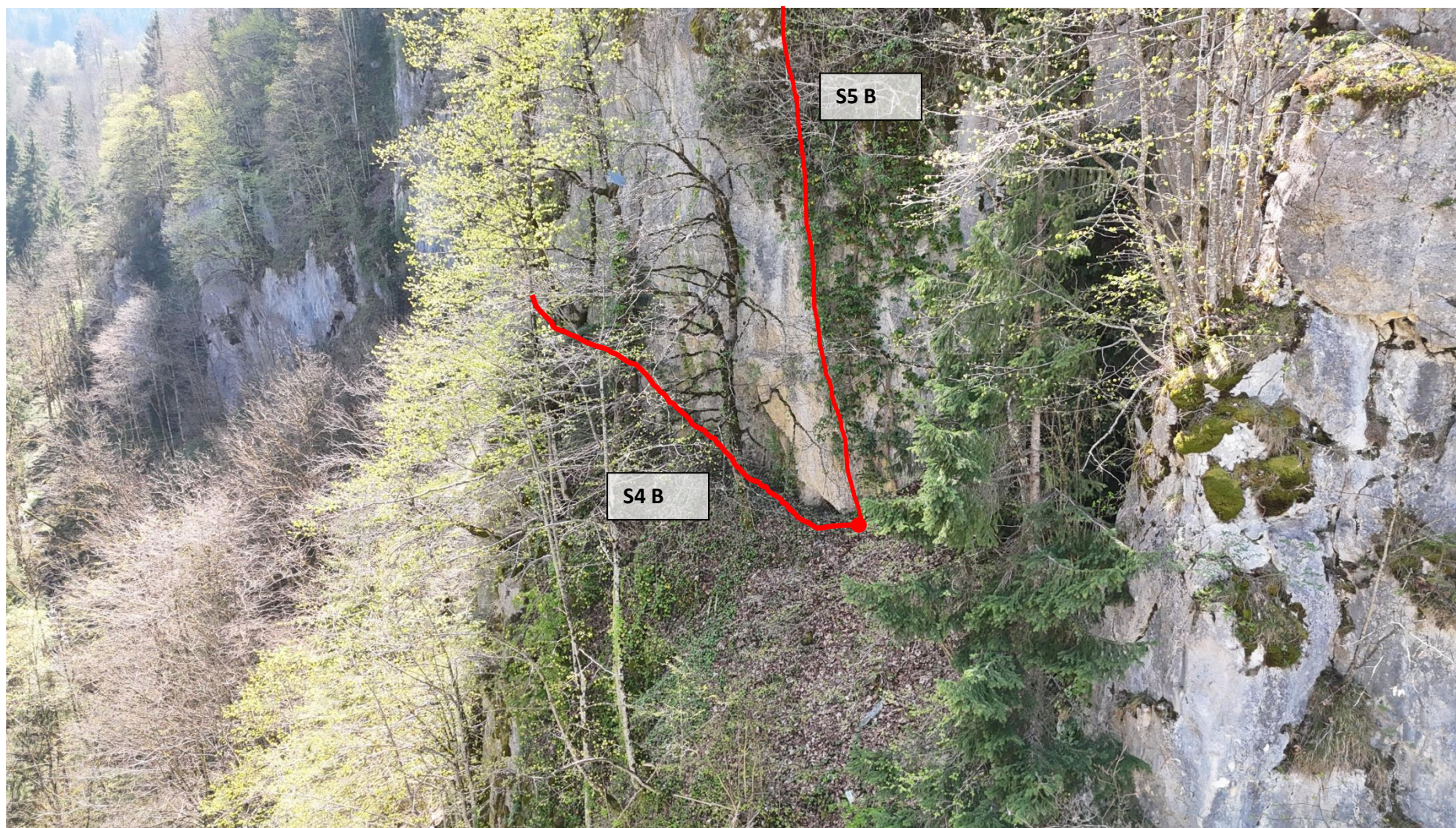


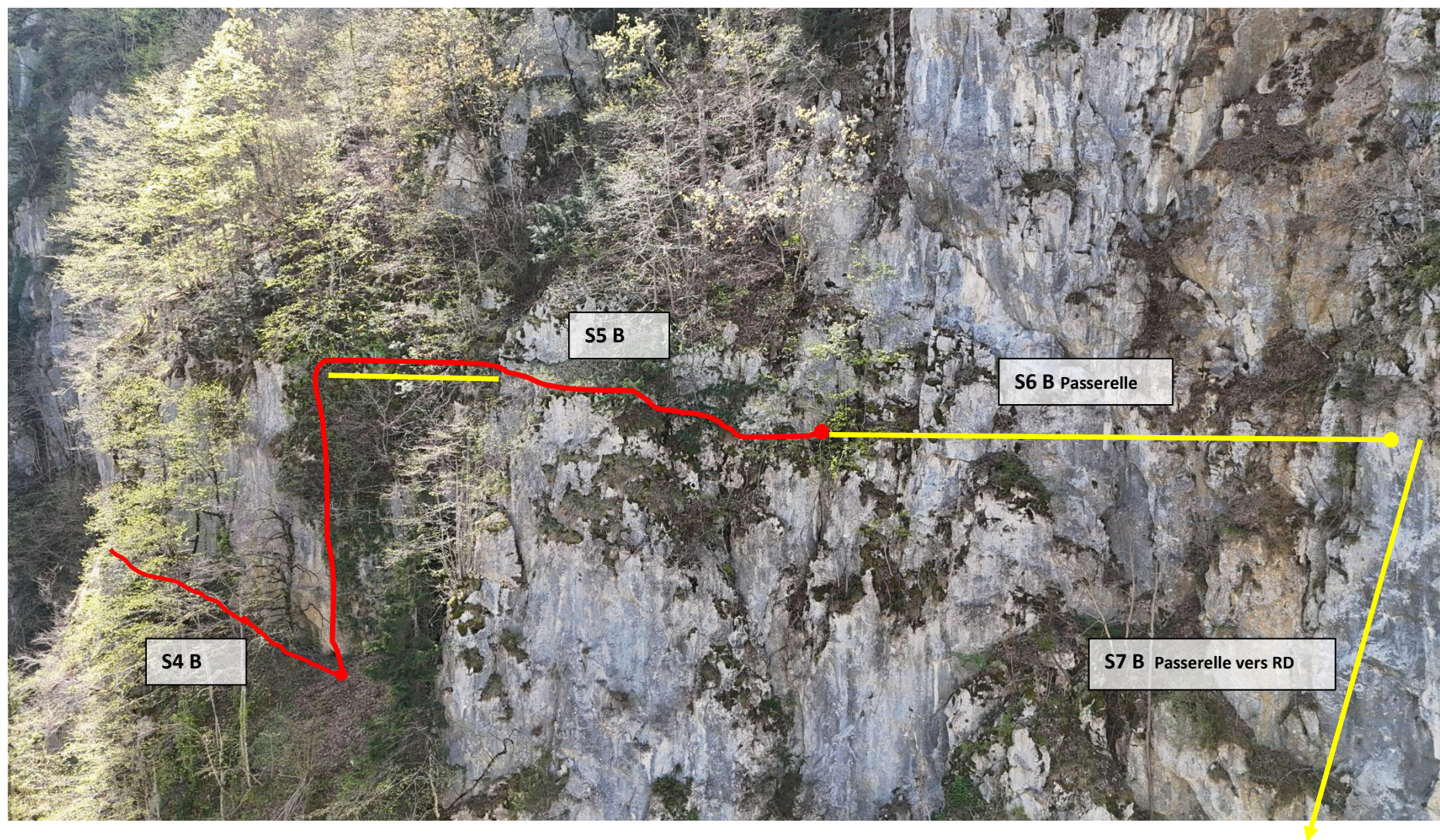




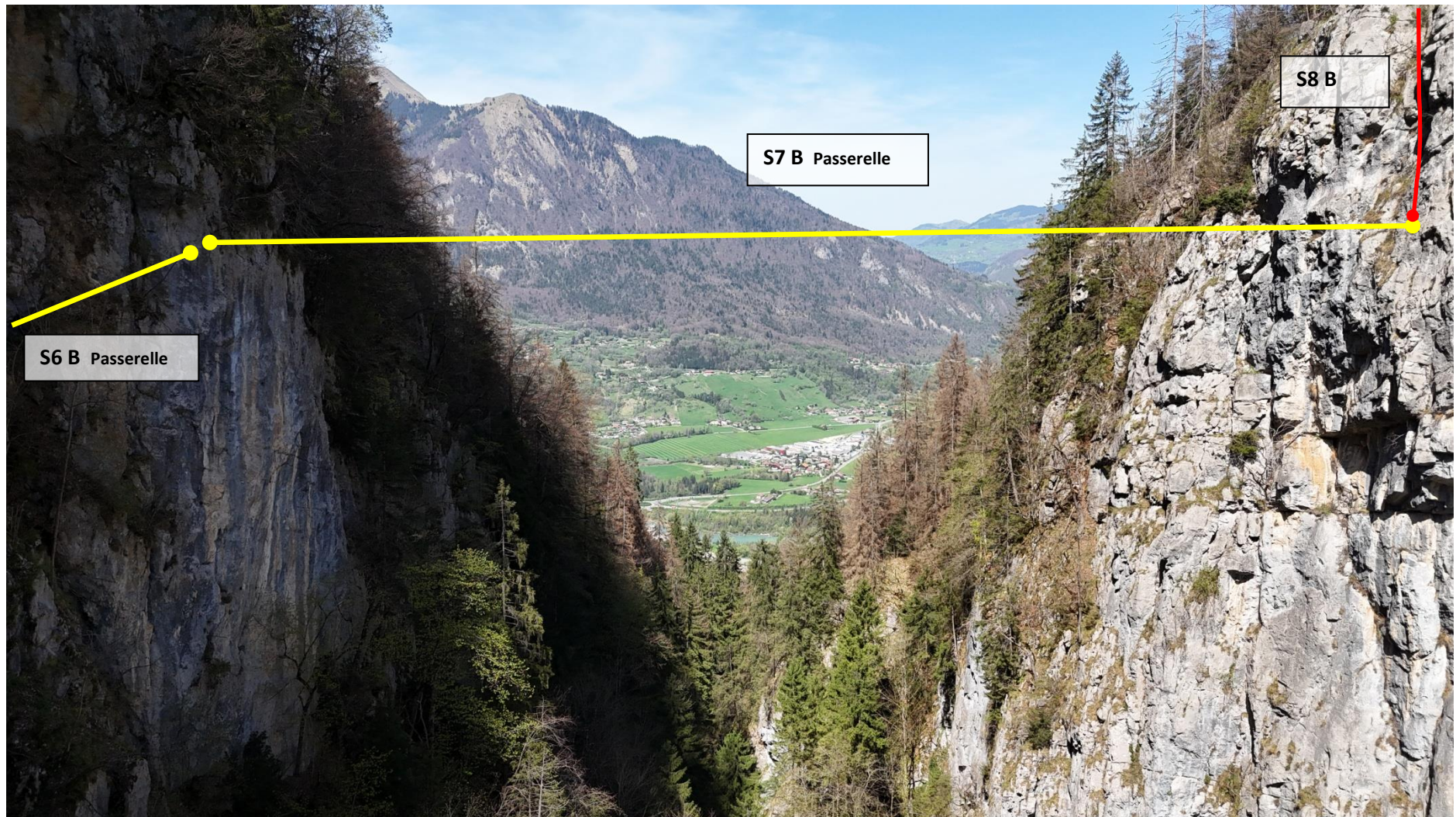


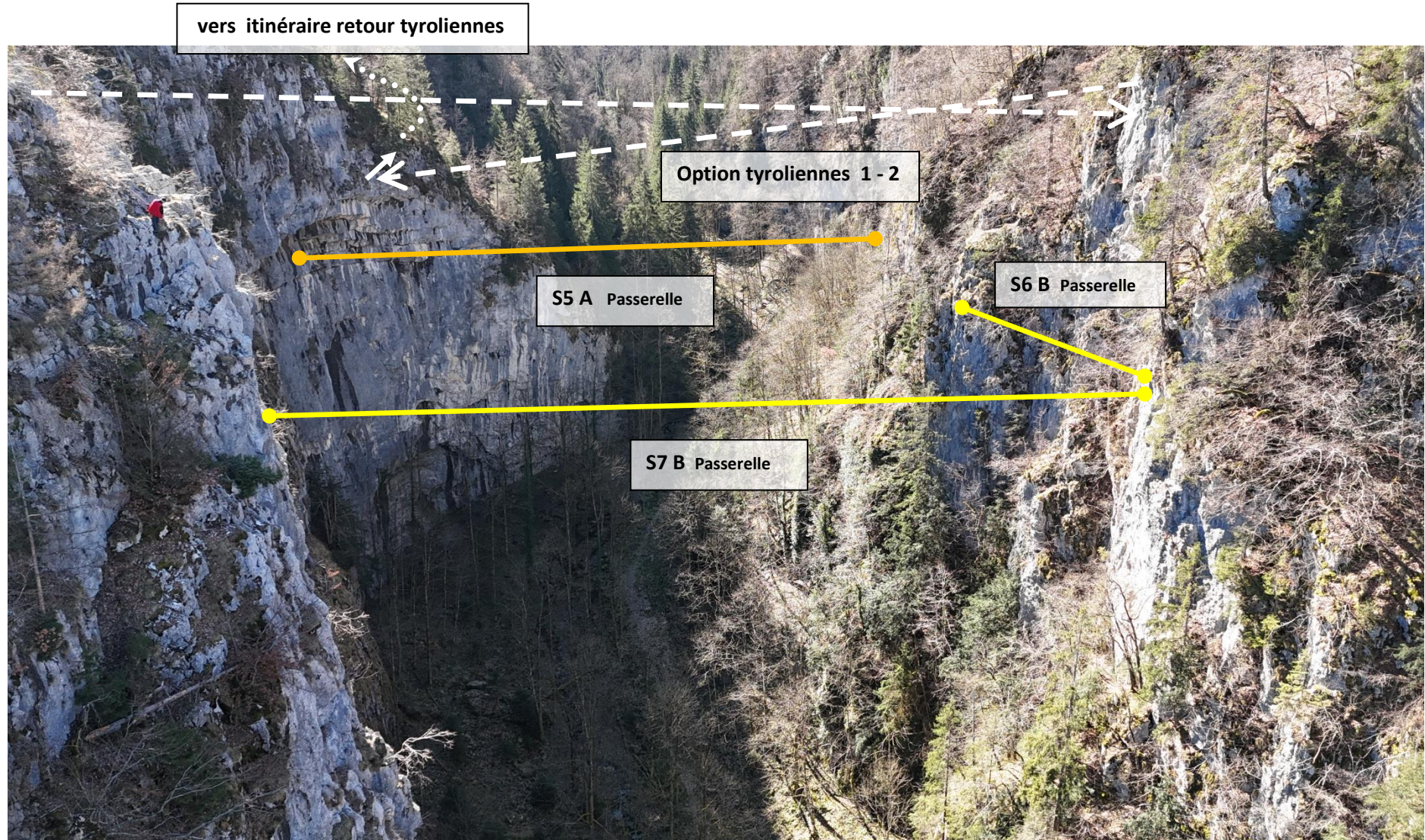


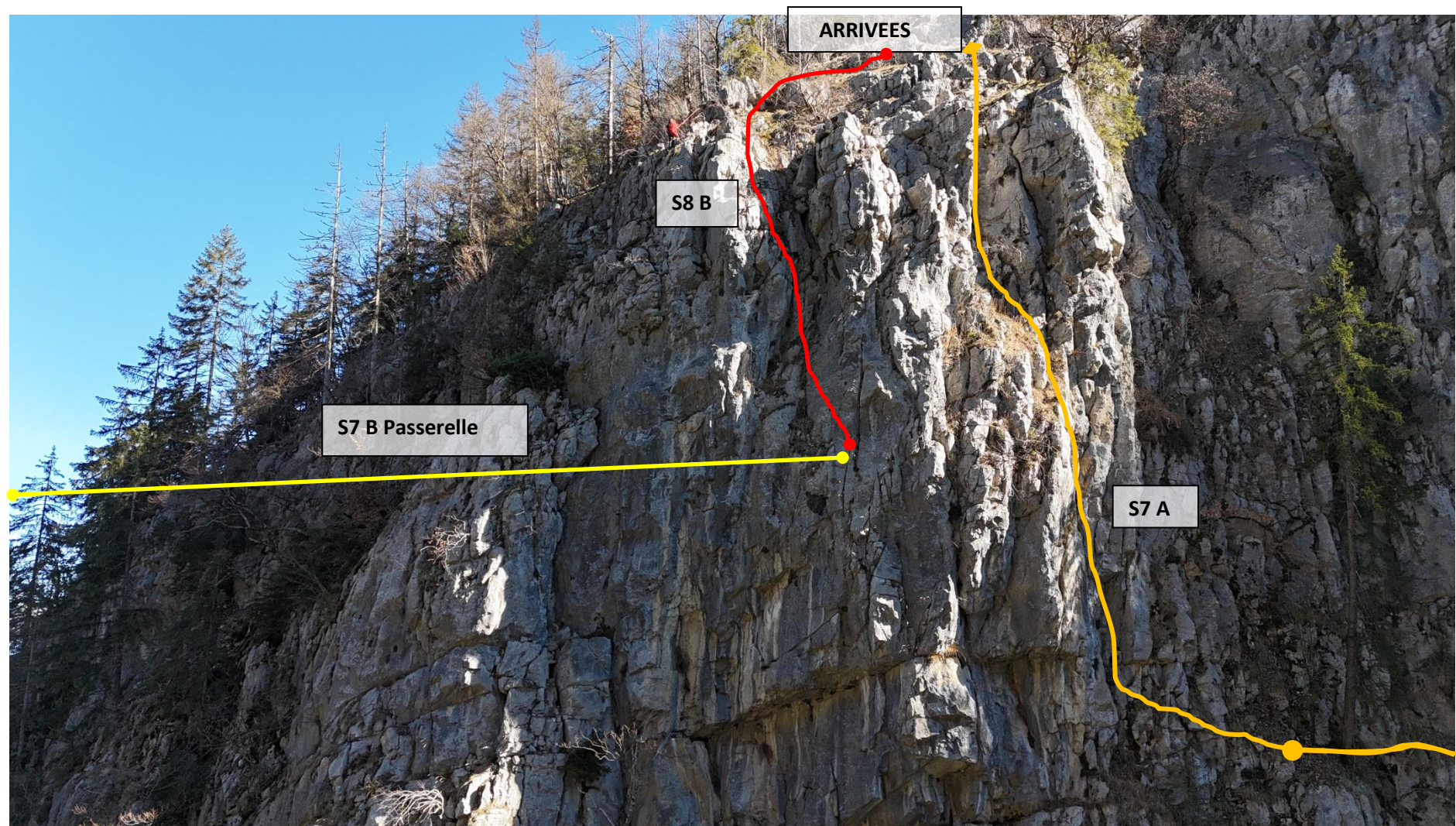


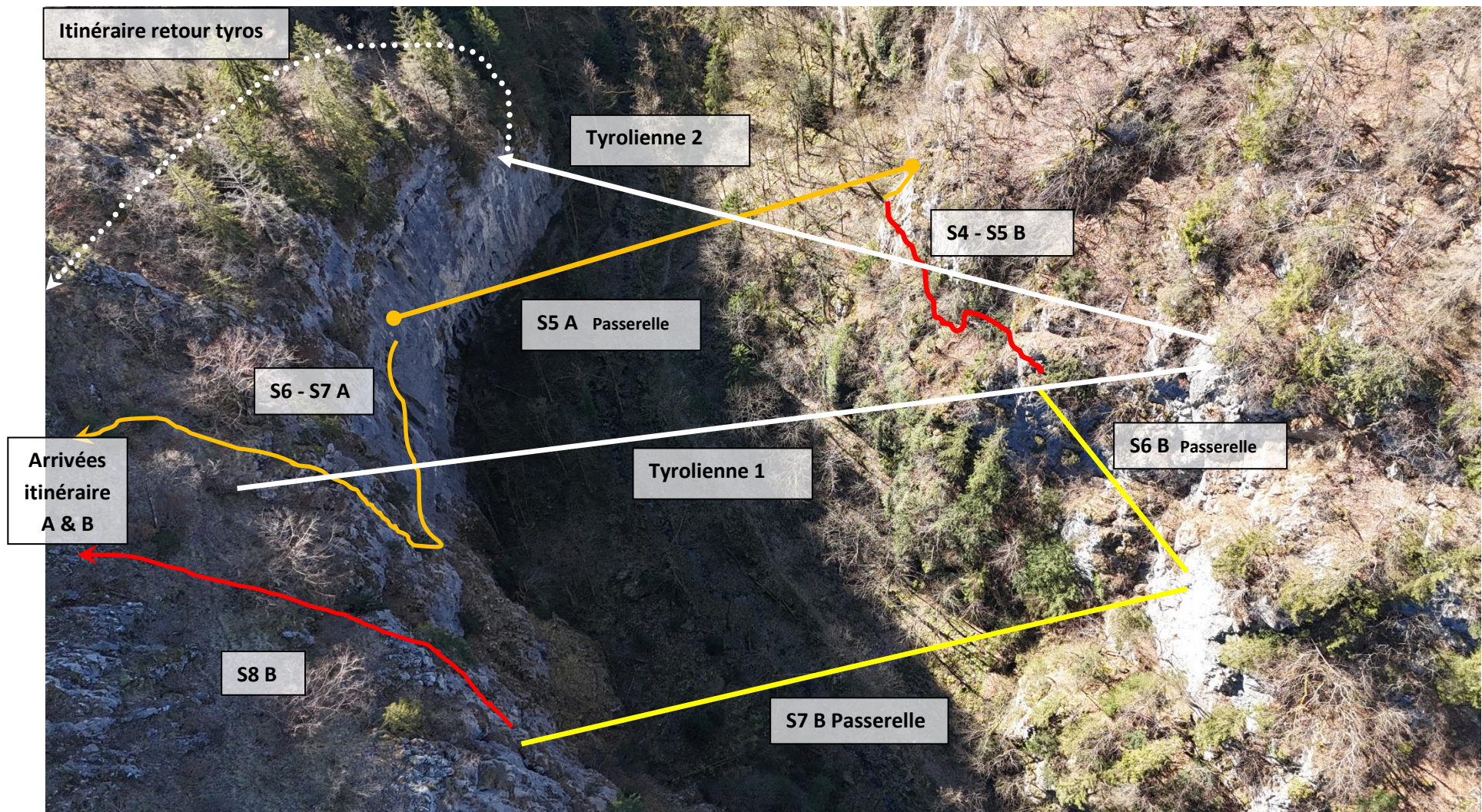


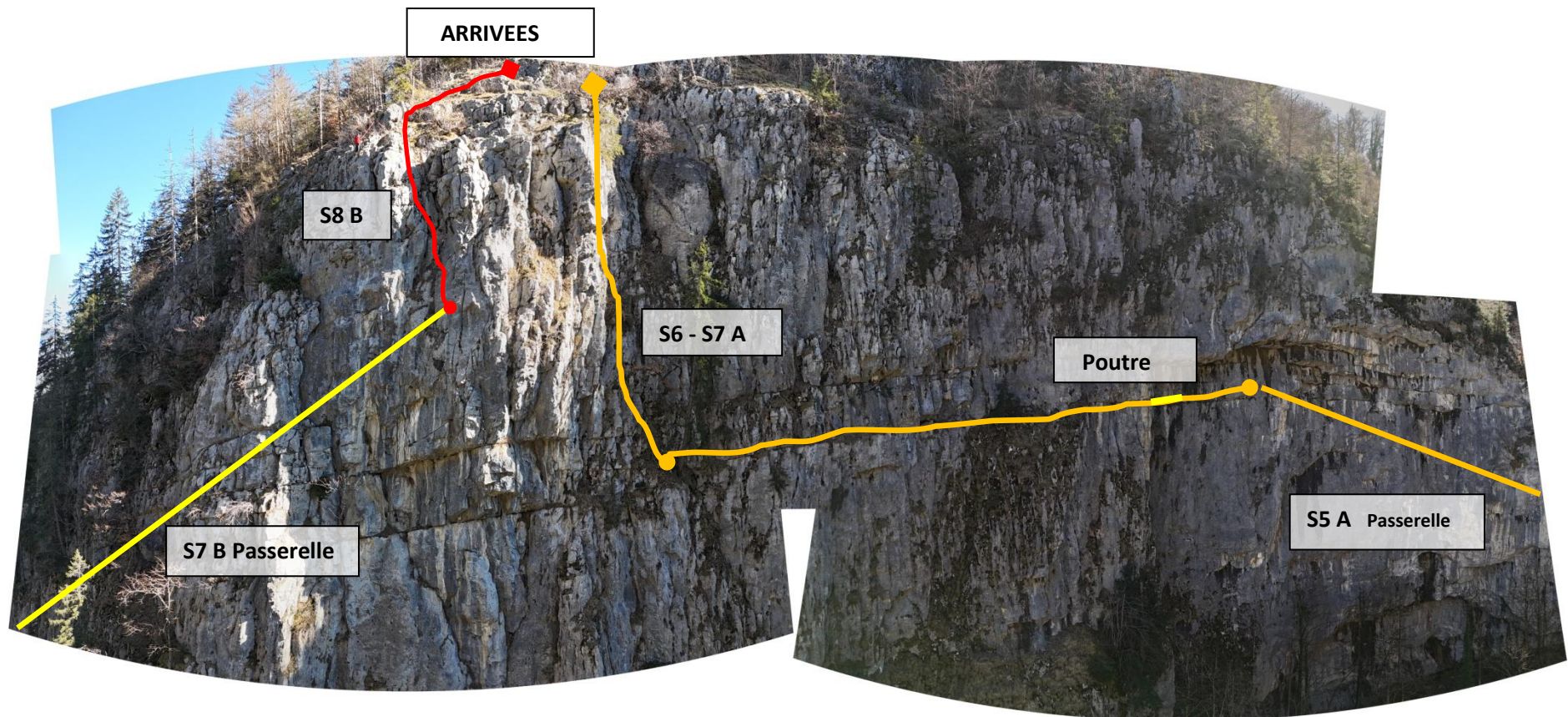


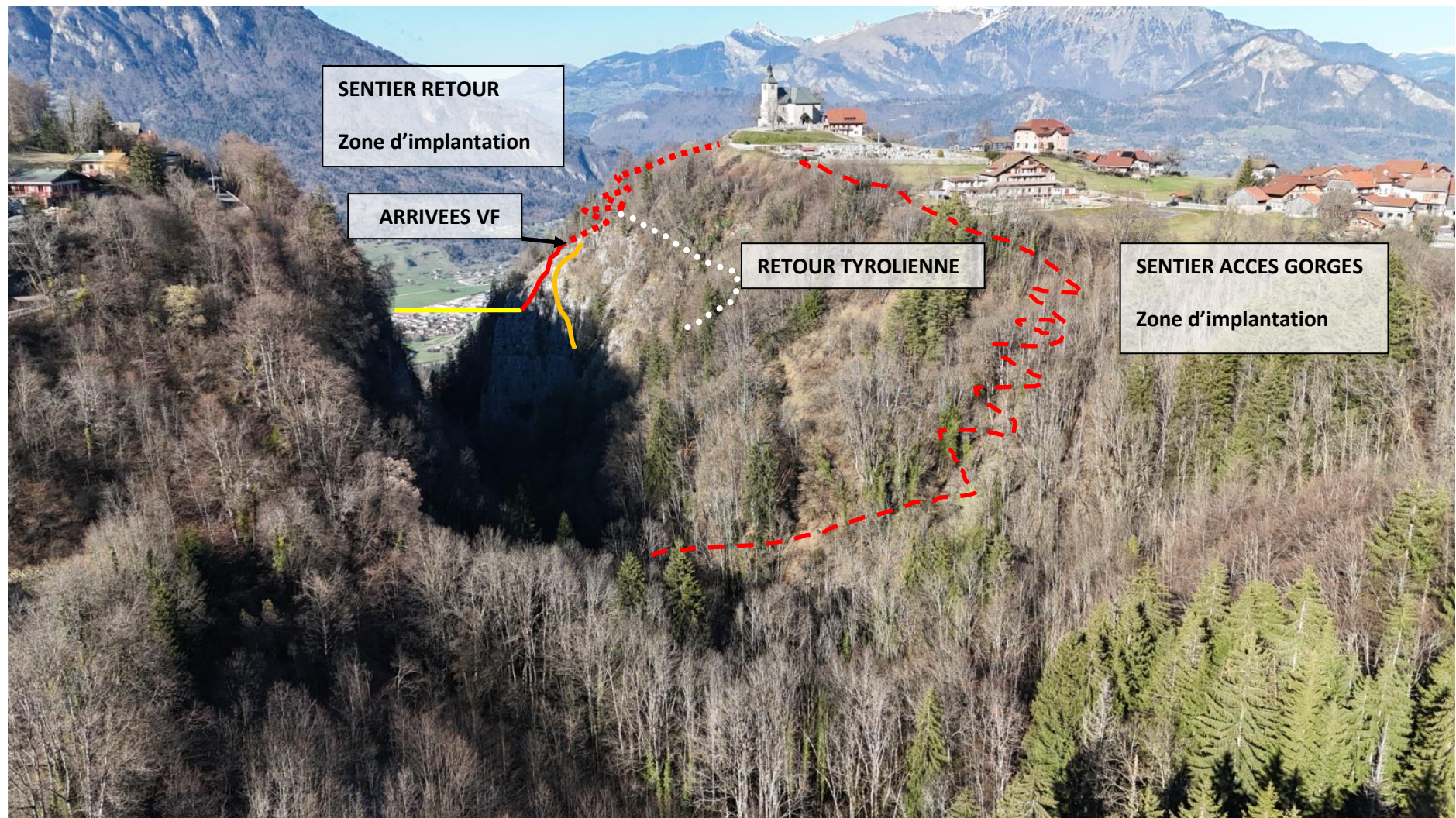




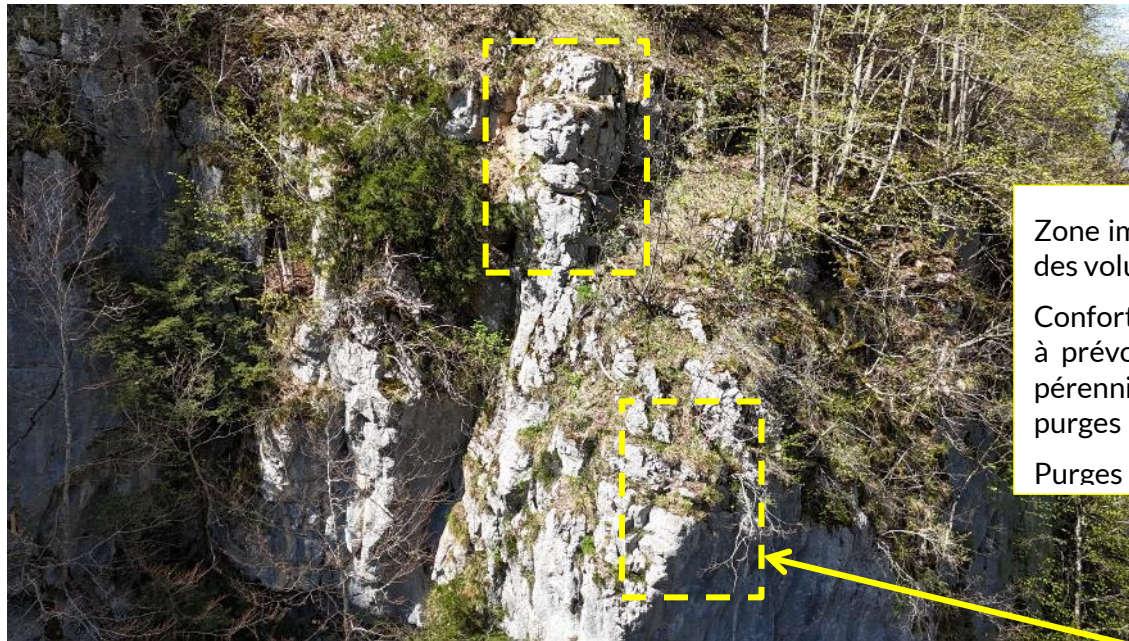








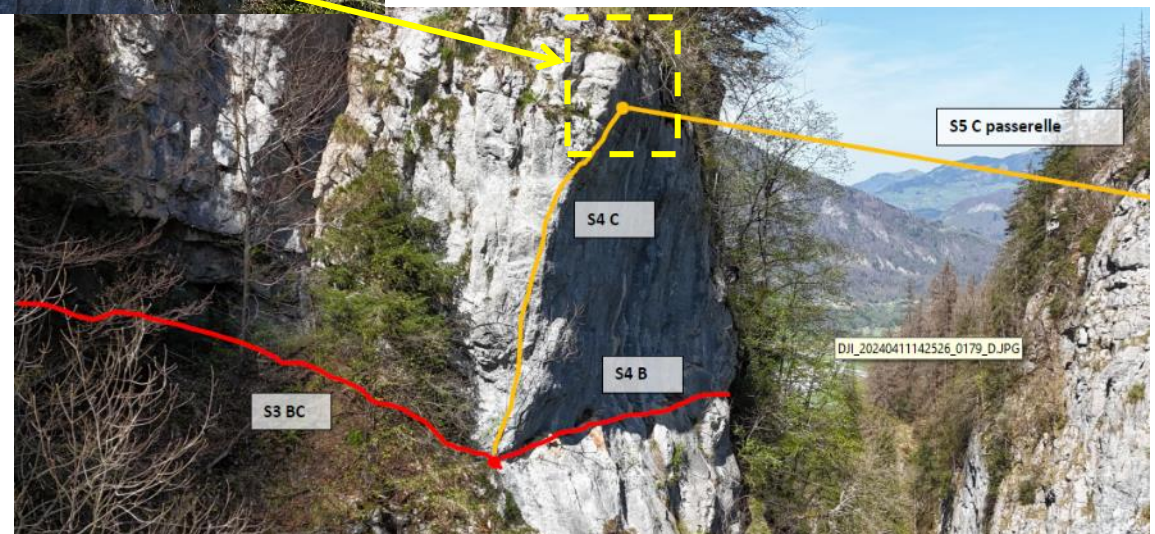
Annexe 3 – LOCALISATION DES PRINCIPALES INSTABILITEES



Zone importante de fracturation avec bloc présentant des volumes supérieurs à 1m^3

Confortement par clouage et/ou protection surfacique à prévoir pour assurer la sécurité des usagers et la pérennité de la passerelle en fonction des résultats des purges

Purges des têtes de falaises à prévoir



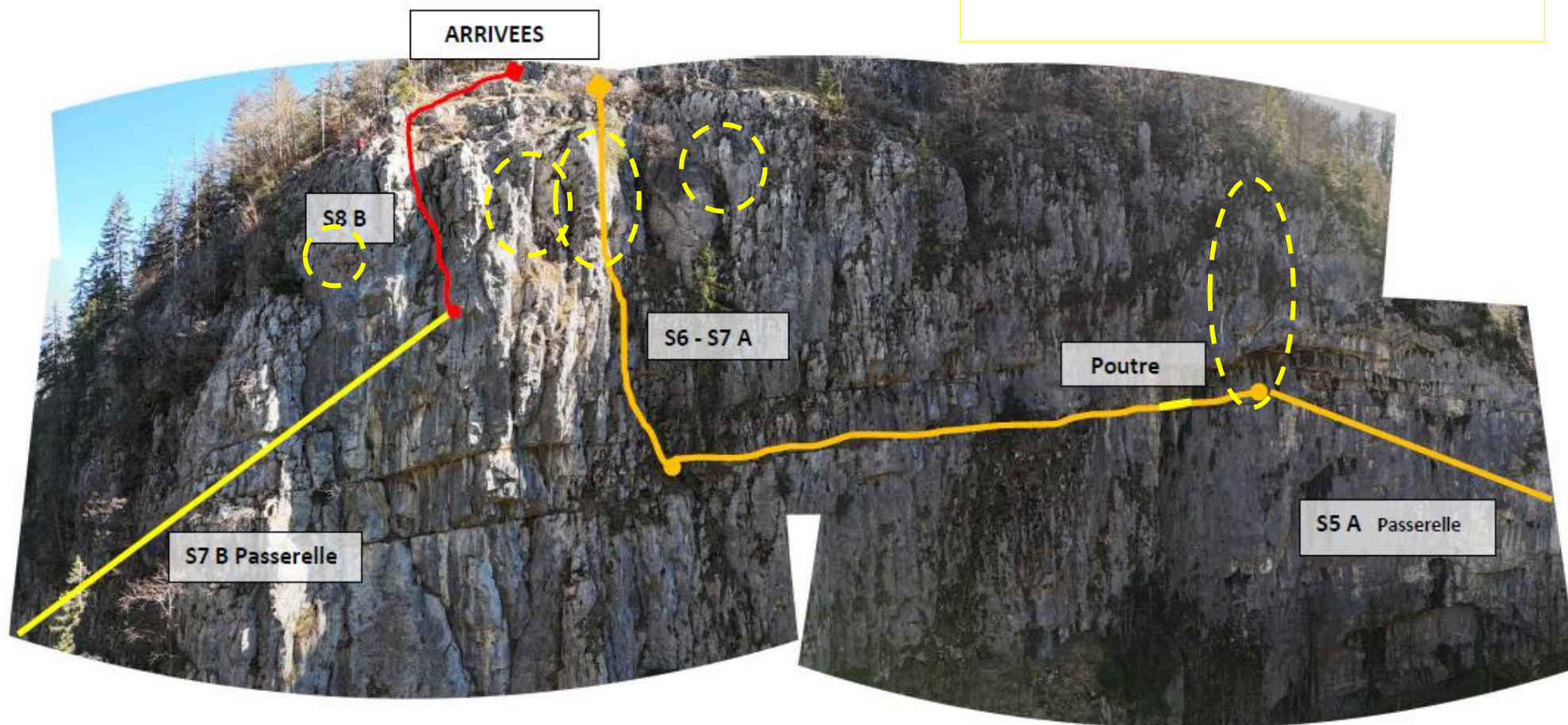
DJI_202404111142526_0179_D.JPG

Zone d'arrivée avec une importante fracturation du massif rocheux. Blocs présentant des volumes variant pour les plus importants de 400 litres à 8m³

Confortement par clouage et/ou protection surfacique à prévoir pour assurer la sécurité des usagers et la pérennité de la passerelle.

A l'aplomb de l'arrivée de la passerelle, présence de blocs potentiellement instables.

Purge des blocs à prévoir sur l'ensemble de la zone avec sécurisation par clouage et/ou protection surfacique pour assurer la sécurité des usagers et la pérennité de la passerelle en fonction des résultats des purges





Secteur sortie passerelle :

La passerelle arrivera dans une dalle propre ou l'ancrage ne posera pas de difficulté (cf. photo de droite)

La sortie de la via ferrata se fera dans un couloir qui surplombe la passerelle (cf. photo ci-dessus).

Ce couloir présente 3 blocs instables qu'il conviendra de conforter pour assurer une protection pérenne à la passerelle et aux usagers de la VF.

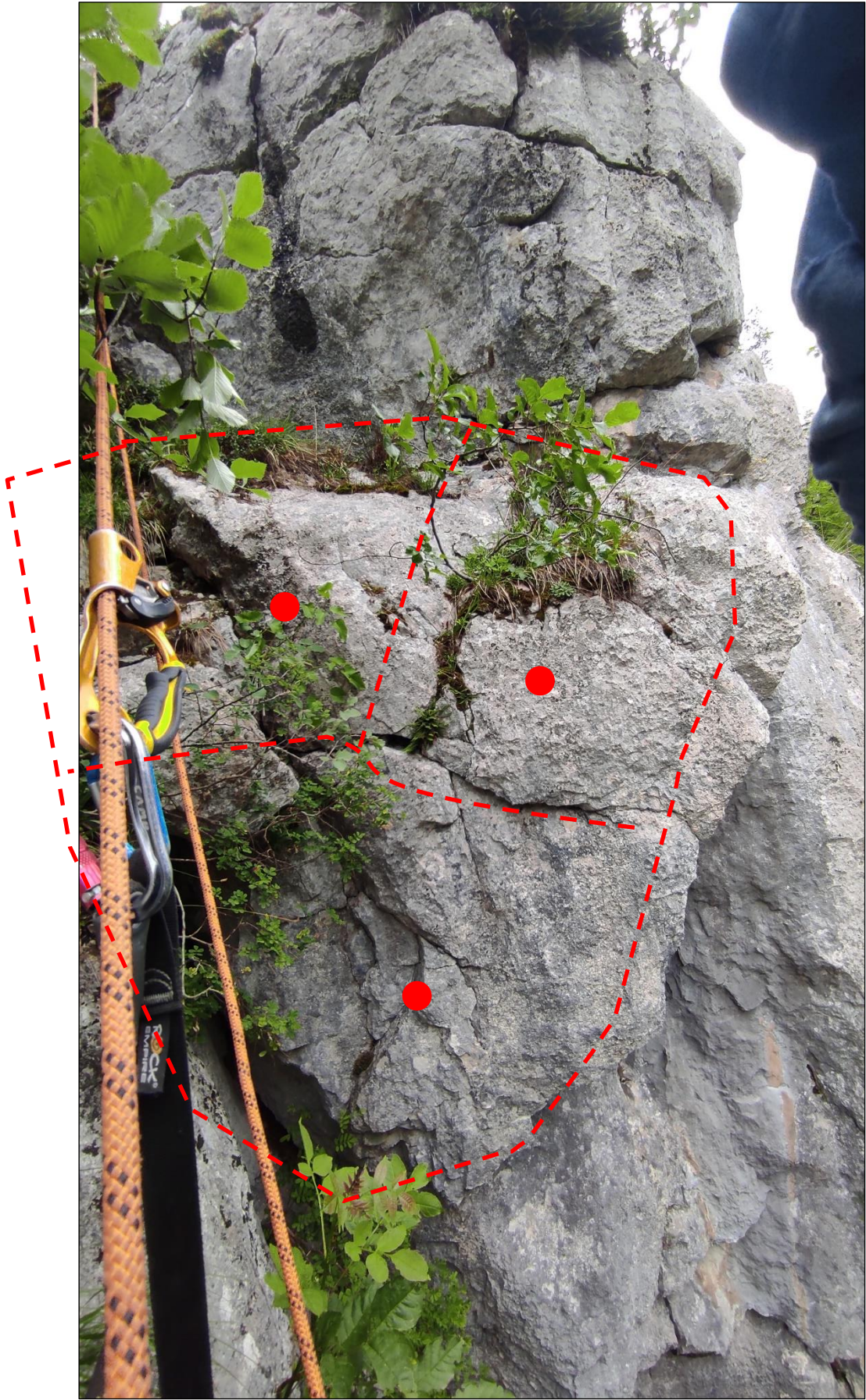




B1 : 2.2 x 0.8 x 1 m
Bloc bien découpé en pied mais assis en pied (Aléa Moyen)
A conforter par 1 ancrage GEWI 25 lg 2.8 m (2 m en arrière du plan de fracturation) foré en Ø57 mm.

B2 : 2.2 x 0.8 x 1 m
Bloc bien découpé légèrement enchâssé dans le dièdre (Aléa Fort)
A conforter par 1 ancrage GEWI 25 lg 2.7 m (2 m en arrière du plan de fracturation) foré en Ø57 mm.

B3 : 2.5 x 2 x 0.7 m
Bloc bien découpé en arrière (Aléa Fort) et fragmenté.
A conforter par 3 ancrages GEWI 25 lg 2.7 m (2 m en arrière du plan de fracturation) foré en Ø57 mm.





Arrivée tyrolienne n°2 :

La tyrolienne arrivera dans une dalle compacte à l'amont des gros surplombs.

La zone est saine et ne nécessitera à priori pas de sécurisation particulières (à confirmer en EXE après les purges).

Annexe 4 – DIMENSIONNEMENT DES ATELIERS SUR CÂBLES

VIA FERRATA DES GORGES DE CE - DIMENSIONNEMENT DES CÂBLES DES ATELIERS

ATELIERS	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE	TYROLIENNE N°1	TYROLIENNE N°2
Portée de l'atelier	12 m	85 m	9 m	25 m	60 m	85 m	100 m
Largeur du platelage (pour les passerelles)	Sans objet	0,30 m	Sans objet	0,30 m	0,30 m	Sans objet	Sans objet
Flèche des câbles	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 30	L/ 30
	0,60 m	4,25 m	0,45 m	1,25 m	3,00 m	2,83 m	3,33 m
Angle d'incidence des câbles	6 °	6 °	6 °	6 °	6 °	4 °	4 °

LIGNE DE VIE	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE	TYROLIENNE N°1	TYROLIENNE N°2
Portée de l'atelier	12 m	85 m	9 m	25 m	60 m	85 m	100 m
Flèche des câbles	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 20	L/ 30	L/ 30
	0,60 m	4,25 m	0,45 m	1,25 m	3,00 m	2,83 m	3,33 m
Type de câble	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva
Diamètre du câble	16 mm	22 mm	16 mm	22 mm	22 mm	12 mm	12 mm
Résistance à la rupture	161 kN	305 kN	161 kN	305 kN	305 kN	90 kN	90 kN
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	129 kN	244 kN	129 kN	244 kN	244 kN	72 kN	72 kN
Poids propre du câble	1,02 kg/ml	1,94 kg/ml	1,02 kg/ml	1,94 kg/ml	1,94 kg/ml	0,58 kg/ml	0,58 kg/ml
Nombre de personnes (100 kg / personne)	2	7	2	7	7	2	2
Charge accidentelle (chute d'une personne)	6,0 kN	11 kN	6,0 kN	11 kN	11 kN	2,0 kN	2,0 kN
Effort horizontal	30 kN	59 kN	30 kN	56 kN	58 kN	17 kN	17 kN
Effort vertical	3 kN	6 kN	3 kN	6 kN	6 kN	1 kN	1 kN
Effort de traction dans le câble	30 kN	59 kN	30 kN	57 kN	58 kN	17 kN	17 kN
Coefficient de sécurité sur le câble (> 4)	4,23 OK !	4,10 OK !	4,24 OK !	4,32 OK !	4,19 OK !	4,26 OK !	4,18 OK !

CÂBLES PORTEURS	S2AB PONT DE SINGE	S5A PASSERELLE	S5B PONT DE SINGE	S6B PASSERELLE	S7B PASSERELLE
Type de câble	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva	7*19 AM galva
Diamètre du câble	16 mm	18 mm	16 mm	16 mm	16 mm
Résistance à la rupture	161 kN	205 kN	161 kN	161 kN	161 kN
Résistance à la rupture pondérée (80 %)	129 kN	164 kN	129 kN	129 kN	129 kN
Nombre de câbles porteurs	1	2	1	2	2
Poids propre des câbles	1,02 kg/ml	2,58 kg/ml	1,02 kg/ml	2,04 kg/ml	2,04 kg/ml
Poids propre de l'atelier	Sans objet	20,00 kg/ml	Sans objet	20,00 kg/ml	20,00 kg/ml
Nombre de personnes (80 kg / personne)	2	7	2	7	7
Charge d'exploitation	2 kN	6 kN	2 kN	6 kN	6 kN
Effort horizontal	8 kN	76 kN	8 kN	42 kN	61 kN
Effort vertical	1 kN	12 kN	1 kN	6 kN	9 kN
Effort de traction dans un câble en exploitation	8 kN	38 kN	8 kN	21 kN	31 kN
Coefficient de sécurité sur le câble (> 4)	15,42 OK !	4,26 OK !	15,57 OK !	6,11 OK !	4,17 OK !
Charge de neige (100 kg/m²) - Hors exploitation		30,00 kg/ml		30,00 kg/ml	30,00 kg/ml
Effort horizontal		111,73 kN		32,53 kN	78,06 kN
Effort vertical		22,35 kN		6,51 kN	15,61 kN
Effort de traction dans un câble hors exploitation		57 kN		17 kN	40 kN
Coefficient de sécurité sur le câble (> 2)		2,88 OK !		7,77 OK !	3,24 OK !

S2AB - PONT DE SINGE - PORTEE 12 M

S2AB - PONT DE SINGE - PORTEE 12 M			
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP		ANCRAGES DES CÂBLES DE PIED	
Effort de traction dans le câble	30 kN	Effort de traction dans le câble	8 kN
Angle d'incidence du câble	6 °	Angle d'incidence du câble	6 °
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 25 mm	Type d'ancrage	Broche à œil Φ 18 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm	Diamètre de l'ancrage	18 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN	Résistance armature corrodée traction	109 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN	Résistance armature corrodée cisaillement	55 kN
Longueur de l'ancrage	800 mm	Longueur de l'ancrage	400 mm
Diamètre de foration	32 mm	Diamètre de foration	22 mm
Longueur de scellement	650 mm	Longueur de scellement	270 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °	Inclinaison de l'ancrage	10 °
Type de sol	Calcaire	Type de sol	Calcaire
Frottement latéral qs	1 200 kPa	Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	78 kN	Résistance du scellement	22 kN
Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2	Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50	Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00	Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,40	Frottement latéral qs	1,40
Facteur de modèle	1,00	Facteur de modèle	1,00
Répartition des efforts	Traction + cisaillement	Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	44 kN	Effort de traction pondéré	12 kN
Effort de cisaillement pondéré	12 kN	Effort de cisaillement pondéré	3 kN
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement	Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN	Acier des ancrages - Traction	109 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	5,01 OK !	Coefficient de sécurité acier - Traction	9,12 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN	Acier des ancrages - Cisaillement	55 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	8,91 OK !	Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	16,22 OK !
Scellement des ancrages - Traction	56 kN	Scellement des ancrages - Traction	16 kN
Coefficient de sécurité scellement	1,28 OK !	Coefficient de sécurité scellement	1,34 OK !

S5A - PASSERELLE - PORTEE 85 M

S5A - PASSERELLE - PORTEE 85 M			
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP		ANCRAGES DES CÂBLES PORTEURS	
Effort de traction dans le câble	59 kN	Effort de traction dans le câble	57 kN
Angle d'incidence du câble	6 °	Angle d'incidence du câble	6 °
Type d'ancrage	GEWI Ø 25 mm	Type d'ancrage	GEWI Ø 25 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm	Diamètre de l'ancrage	25 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN	Résistance armature corrodée traction	220 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN	Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN
Longueur de l'ancrage	2 200 mm	Longueur de l'ancrage	2 200 mm
Diamètre de foration	32 mm	Diamètre de foration	32 mm
Longueur de scellement	2 000 mm	Longueur de scellement	2 000 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °	Inclinaison de l'ancrage	10 °
Type de sol	Calcaire	Type de sol	Calcaire
Frottement latéral qs	1 200 kPa	Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	241 kN	Résistance du scellement	241 kN
Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2	Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50	Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00	Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,54	Frottement latéral qs	1,54
Facteur de modèle	1,00	Facteur de modèle	1,00
Répartition des efforts	Traction + cisaillement	Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	86 kN	Effort de traction pondéré	82 kN
Effort de cisaillement pondéré	24 kN	Effort de cisaillement pondéré	23 kN
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement	Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN	Acier des ancrages - Traction	220 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,56 OK !	Coefficient de sécurité acier - Traction	2,67 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN	Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,55 OK !	Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,75 OK !
Scellement des ancrages - Traction	157 kN	Scellement des ancrages - Traction	157 kN
Coefficient de sécurité scellement	1,82 OK !	Coefficient de sécurité scellement	1,90 OK !

S5B - PONT DE SINGE - PORTEE 12 M

S5B - PONT DE SINGE - PORTEE 12 M			
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP		ANCRAGES DES CÂBLES DE PIED	
Effort de traction dans le câble	30 kN	Effort de traction dans le câble	8 kN
Angle d'incidence du câble	6 °	Angle d'incidence du câble	6 °
Type d'ancrage	Broche à œil Φ 25 mm	Type d'ancrage	Broche à œil Φ 18 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm	Diamètre de l'ancrage	18 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN	Résistance armature corrodée traction	109 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN	Résistance armature corrodée cisaillement	55 kN
Longueur de l'ancrage	800 mm	Longueur de l'ancrage	400 mm
Diamètre de foration	32 mm	Diamètre de foration	22 mm
Longueur de scellement	650 mm	Longueur de scellement	270 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °	Inclinaison de l'ancrage	10 °
Type de sol	Calcaire	Type de sol	Calcaire
Frottement latéral qs	1 200 kPa	Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	78 kN	Résistance du scellement	22 kN
Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2	Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50	Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00	Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,40	Frottement latéral qs	1,40
Facteur de modèle	1,00	Facteur de modèle	1,00
Répartition des efforts	Traction + cisaillement	Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	44 kN	Effort de traction pondéré	12 kN
Effort de cisaillement pondéré	12 kN	Effort de cisaillement pondéré	3 kN
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement	Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN	Acier des ancrages - Traction	109 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	5,01 OK !	Coefficient de sécurité acier - Traction	9,12 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN	Acier des ancrages - Cisaillement	55 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	8,91 OK !	Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	16,22 OK !
Scellement des ancrages - Traction	56 kN	Scellement des ancrages - Traction	16 kN
Coefficient de sécurité scellement	1,28 OK !	Coefficient de sécurité scellement	1,34 OK !

S6B - PASSERELLE - PORTEE 25 M

S6B - PASSERELLE - PORTEE 25 M			
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP		ANCRAGES DES CÂBLES PORTEURS	
Effort de traction dans le câble	57 kN	Effort de traction dans le câble	21 kN
Angle d'incidence du câble	6 °	Angle d'incidence du câble	6 °
Type d'ancrage	GEWI Ø 25 mm	Type d'ancrage	GEWI Ø 25 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm	Diamètre de l'ancrage	25 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN	Résistance armature corrodée traction	220 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN	Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN
Longueur de l'ancrage	2 200 mm	Longueur de l'ancrage	2 200 mm
Diamètre de foration	32 mm	Diamètre de foration	32 mm
Longueur de scellement	2 000 mm	Longueur de scellement	2 000 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °	Inclinaison de l'ancrage	10 °
Type de sol	Calcaire	Type de sol	Calcaire
Frottement latéral qs	1 200 kPa	Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	241 kN	Résistance du scellement	241 kN
Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2	Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50	Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00	Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,54	Frottement latéral qs	1,54
Facteur de modèle	1,00	Facteur de modèle	1,00
Répartition des efforts	Traction + cisaillement	Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	82 kN	Effort de traction pondéré	30 kN
Effort de cisaillement pondéré	23 kN	Effort de cisaillement pondéré	9 kN
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement	Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN	Acier des ancrages - Traction	220 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,70 OK !	Coefficient de sécurité acier - Traction	7,23 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN	Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,79 OK !	Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	12,85 OK !
Scellement des ancrages - Traction	157 kN	Scellement des ancrages - Traction	157 kN
Coefficient de sécurité scellement	1,92 OK !	Coefficient de sécurité scellement	5,15 OK !

S7B - PASSERELLE - PORTEE 60 M

S7B - PASSERELLE - PORTEE 60 M			
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP		ANCRAGES DES CÂBLES PORTEURS	
Effort de traction dans le câble	58 kN	Effort de traction dans le câble	40 kN
Angle d'incidence du câble	6 °	Angle d'incidence du câble	6 °
Type d'ancrage	GEWI Ø 25 mm	Type d'ancrage	GEWI Ø 25 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm	Diamètre de l'ancrage	25 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN	Résistance armature corrodée traction	220 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN	Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN
Longueur de l'ancrage	2 200 mm	Longueur de l'ancrage	2 200 mm
Diamètre de foration	32 mm	Diamètre de foration	32 mm
Longueur de scellement	2 000 mm	Longueur de scellement	2 000 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °	Inclinaison de l'ancrage	10 °
Type de sol	Calcaire	Type de sol	Calcaire
Frottement latéral qs	1 200 kPa	Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	241 kN	Résistance du scellement	241 kN
Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2	Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50	Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00	Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,54	Frottement latéral qs	1,54
Facteur de modèle	1,00	Facteur de modèle	1,00
Répartition des efforts	Traction + cisaillement	Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	84 kN	Effort de traction pondéré	57 kN
Effort de cisaillement pondéré	24 kN	Effort de cisaillement pondéré	16 kN
Résistance des ancrages	Traction + cisaillement	Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN	Acier des ancrages - Traction	220 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	2,62 OK !	Coefficient de sécurité acier - Traction	3,83 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN	Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	4,65 OK !	Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	6,80 OK !
Scellement des ancrages - Traction	157 kN	Scellement des ancrages - Traction	157 kN
Coefficient de sécurité scellement	1,86 OK !	Coefficient de sécurité scellement	2,73 OK !

TYROLIENNE N°1 - PORTEE 85 M
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP

Effort de traction dans le câble	17 kN
Angle d'incidence du câble	4 °

Type d'ancrage	Broche à œil Ø 25 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN
Longueur de l'ancrage	800 mm
Diamètre de foration	32 mm
Longueur de scellement	650 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °

Type de sol	Calcaires
Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	78 kN

Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,40
Facteur de modèle	1,00

Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	25 kN
Effort de cisaillement pondéré	6 kN

Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	8,94 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	18,18 OK !
Scellement des ancrages - Traction	56 kN
Coefficient de sécurité scellement	2,28 OK !

TYROLIENNE N°2 - PORTEE 100 M
ANCRAGES DE LA LIGNE DE VIE ET DU BACKUP

Effort de traction dans le câble	17 kN
Angle d'incidence du câble	4 °

Type d'ancrage	Broche à œil Ø 25 mm
Diamètre de l'ancrage	25 mm
Résistance armature corrodée traction	220 kN
Résistance armature corrodée cisaillement	110 kN
Longueur de l'ancrage	800 mm
Diamètre de foration	32 mm
Longueur de scellement	650 mm
Inclinaison de l'ancrage	10 °

Type de sol	Calcaires
Frottement latéral qs	1 200 kPa
Résistance du scellement	78 kN

Coefficients de sécurité	EC7 - Approche 2
Action permanente défavorable	1,50
Acier des ancrages	1,00
Frottement latéral qs	1,40
Facteur de modèle	1,00

Répartition des efforts	Traction + cisaillement
Effort de traction pondéré	25 kN
Effort de cisaillement pondéré	6 kN

Résistance des ancrages	Traction + cisaillement
Acier des ancrages - Traction	220 kN
Coefficient de sécurité acier - Traction	8,94 OK !
Acier des ancrages - Cisaillement	110 kN
Coeff. de sécurité acier - Cisaillement	18,18 OK !
Scellement des ancrages - Traction	56 kN
Coefficient de sécurité scellement	2,28 OK !