



**C**hutes de Blocs  
**R**isques **R**ocheux  
**O**uvrages de **P**rotection

## **Club Risque Rocheux**

**Club 1 – Partage « REX »**

**9/02/17, Grenoble**

***Risque rocheux, sécurité au travail et maintien du trafic : gestion d'enjeux contraires***

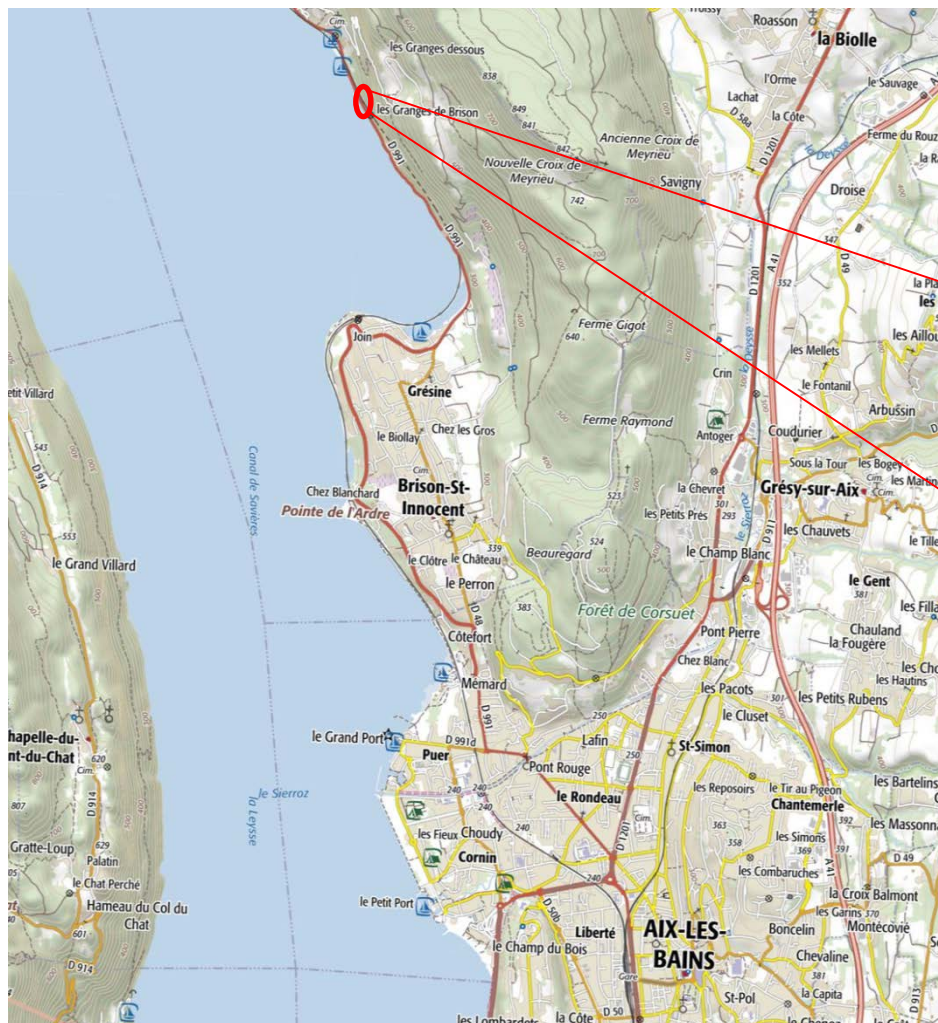
***Cas du versant de la Colombière***



***Pôle Alpin d'Etudes et de Recherche  
pour la Prévention des Risques Naturels***

# VERSANT DE LA COLOMBIERE - CONTEXTE

## Contexte



## Berge du Lac du Bourget

- Route Départementale 991

## L 900 : Culoz / Modane : UIC 3

- Double voie électrifiée 1500V
- 130 km/h – IPCS
- Détection verticale et horizontale de chute de blocs



# VERSANT DE LA COLOMBIERE - CONTEXTE

## Contexte

- Tête de tunnel – galerie
- Plate-forme pompiers
- Route départementale 991
- Piste cyclable



- Site inscrit Lac du Bourget
- ZNIEFF type 1 et 2
- Natura 2000



# VERSANT DE LA COLOMBIERE - CONTEXTE

## Caractéristiques de l'ouvrage rocheux

- Barres rocheuses (calcaire 30 à 40 m)
- Pentes d'éboulis / végétation
- H ~ 200 m
- Dernière Visite Détaillée en 2011
- Tête de tunnel + galerie



## Installations (ouvrages de protection)

- Bord de voie : grillage, contrefort, béton projeté
- Ecran rails-traverses (12ml)
- Filet détecteur vertical (1975)
- Filet détecteur horizontal (1990)

# VERSANT DE LA COLOMBIERE - PROBLEMATIQUE

## UN ALEA ROCHEUX et DEUX ENJEUX PRINCIPAUX

### IMPACT REGULARITE des CIRCULATIONS ELEVE

- Années 1980 - 89 : ~ 1 déclenchement par an
- 2006 : chute d'un bloc de 100 l sur V2, impact caténaire (2700 mn de retard)
- Jusqu'à 2014 : quelques chutes de pierres chaque année - < 5 par an
- 2015 : 9 déclenchements
- 2016 : 13 déclenchements au 1<sup>er</sup> semestre pour **4 942 mn** de perdues (trains)

→ *Travaux programmés 2017 : régénération complète du filet détecteur*

### SECURITE DU PERSONNEL

#### ACCIDENT NUIT DU 23 FEVRIER 2016

Infos Centre de régulation

- H : Déclenchement du FDH41
- H + 30mn : Agent voie **blessé grièvement à la tête**
- H + 1h : Équipe SE découvre l'agent inconscient
- H + 2h : Évacuation par SMUR
- H + 4h : Fonctionnement normal des installations.

→ **COMMENT GERER LA SECURITE et la REGULARITE DES CIRCULATIONS SANS METTRE EN DANGER LE PERSONNEL ?**



### Accident grave d'un agent Voie sur la ligne Culoz Modane

Cette Alerte sécurité a pour but d'informer rapidement et largement les agents sur un événement afin d'en donner les premiers enseignements. Il ne se substitue pas aux textes réglementaires et toutes autres démarches d'analyses.

Le 23/02 à 23h15, sur la ligne Culoz Modane, un agent voie de l'Infrapôle Alpes a été grièvement blessé à la tête par la chute d'un bloc rocheux. Il intervenait suite à un déclenchement d'un filet de détection de chute de rocher. L'agent qui effectuait une reconnaissance de la zone a été découvert inconscient, allongé sur la voie par les agents SE qui intervenaient également sur ce dérangement.

L'agent a été pris en charge par les pompiers puis évacué par le SMUR au CHU de Grenoble où il est actuellement en réanimation.

Une enquête est actuellement en cours.



SNCF RESEAU  
MT SOS  
Alerte Sécurité - MT 23/02/2016



# VERSANT DE LA COLOMBIERE - PROBLEMATIQUE

## TRAVAUX A REALISER EN URGENCE EN 2016

Argumentaire pour les demandes de plages travaux en urgence vis-à-vis des transporteurs

**1. SECURITE** on ne peut plus intervenir sur le site (droit de retrait des agents SNCF) En cas de déclenchement de la détection, risque reporté sur l'entreprise ACROBTP qui intervient sous plan de prévention (**responsabilité SNCF Réseau engagée** en cas de nouvel accident sur un ouvrier).

**2. REGULARITE** exemple : le 2/06 déclenchement de la détection avec fil sur la voie, V1+V2 coupées 6 h avant intervention ACROBTP et reprise des circulations.

**Situation à régler avant les prochains forts trafics**

**3. FIABILITE** des installations : vétusté du filet 41 (détection horizontale sur poteaux bois et profilés métalliques, régénération non reportable A+3), En cas de ruine d'un portique -> on ne sait pas réparer !

**Sécurité du personnel intervenant sur site: préalable incontournable pour la régénération des filets en avril 2017**



PARCE QUE RIEN N'EST PRÉVISIBLE...  
LE CASQUE, C'EST TOUT LE MONDE,  
PARTOUT, TOUT LE TEMPS !

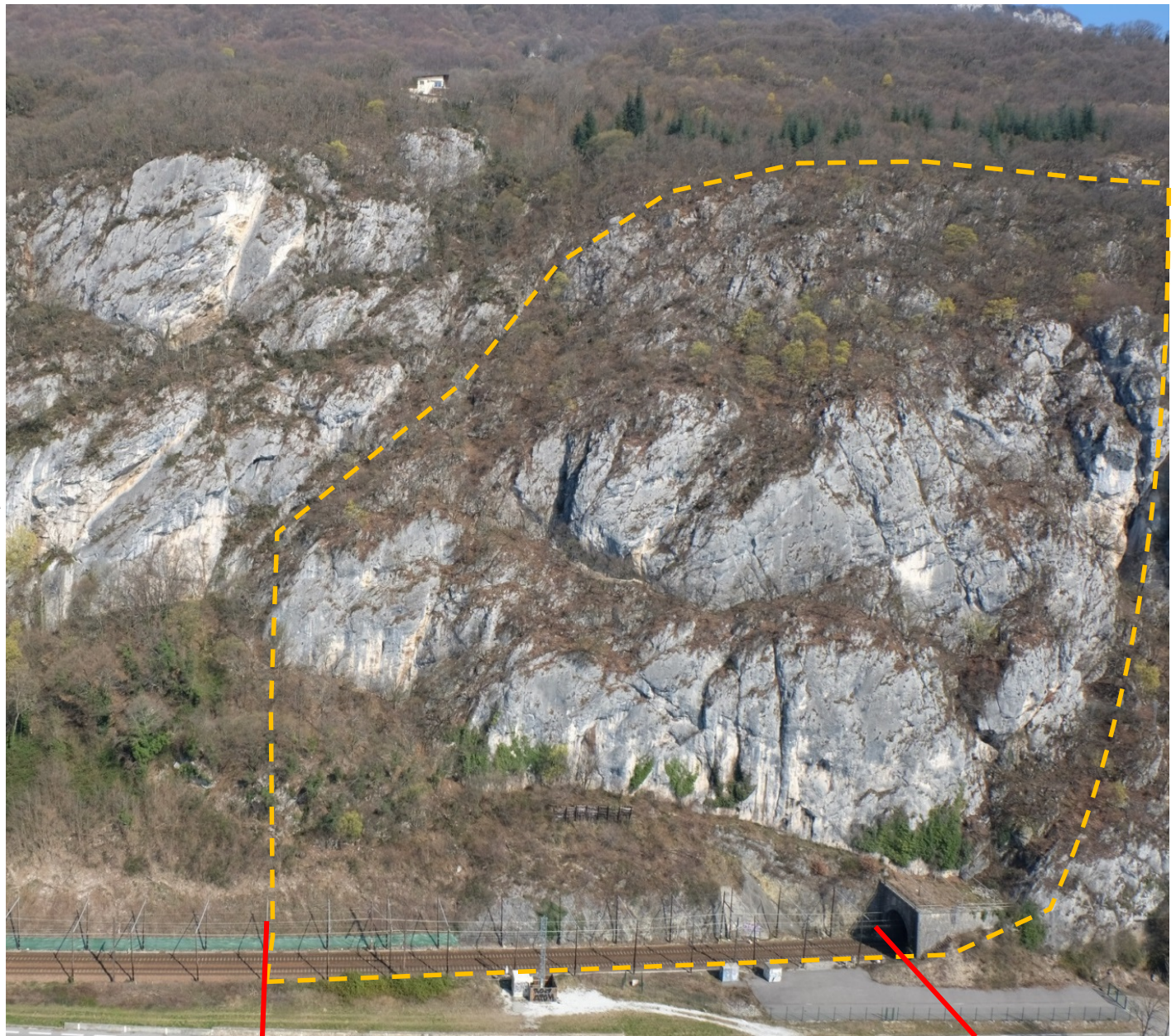
SNCF

# VERSANT DE LA COLOMBIERE - EXPERTISE

## Expertise

VOL HÉLIPORTÉ DU  
21 MARS 2016

CEREMA







# VERSANT DE LA COLOMBIERE - EXPERTISE

EXPERTISE HÉLIPORTÉE CEREMA 18 MARS

2<sup>ème</sup> Paroi





# VERSANT DE LA COLOMBIERE - EXPERTISE

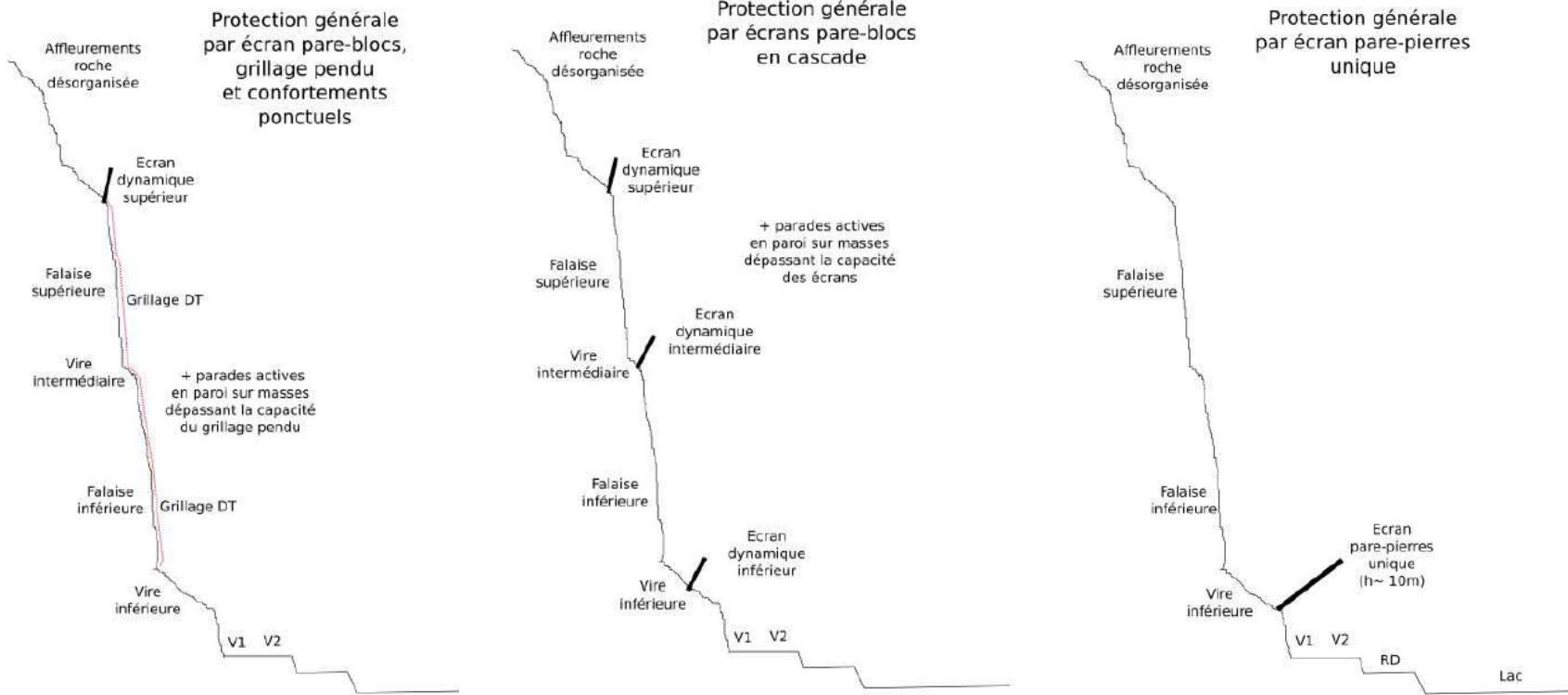
EXPERTISE HÉLIPORTÉE CEREMA 18 MARS

Purge manuelle du versant inenvisageable



# VERSANT DE LA COLOMBIERE - EXAMEN DES SOLUTIONS

	Solutions	Avantages	Inconvénients
1	Ecran amont + grillage pendu	Technique connue	Incompatible avec exploitation (CT – LT)
2	Variante 3 lignes d'écrans dynamiques	Technique connue	Incompatible avec exploitation (CT – LT)
3	Barrière passive statique hors norme	En emprise ferroviaire Protection personnel SNCF Mise en place rapide	Capacité limitée (pierres) Géométrie (poteaux >10 m) Dimensionnement (capacité énergétique 150 kJ)



**Aucune intervention au niveau de la voie n'est possible tant que la partie supérieure du versant n'est pas sécurisée -> coupure de ligne ?**

# VERSANT DE LA COLOMBIERE – INVESTIGATIONS

## LaserScan - Protocole

- 5 stations => 10 min de relevé par station avec le Laser
- + prises de photos 360° sur chaque station pour coloriser le nuage de point
- Géoréférencement => GPS



## Avantages

Le scan laser / photogramétrie => végétation

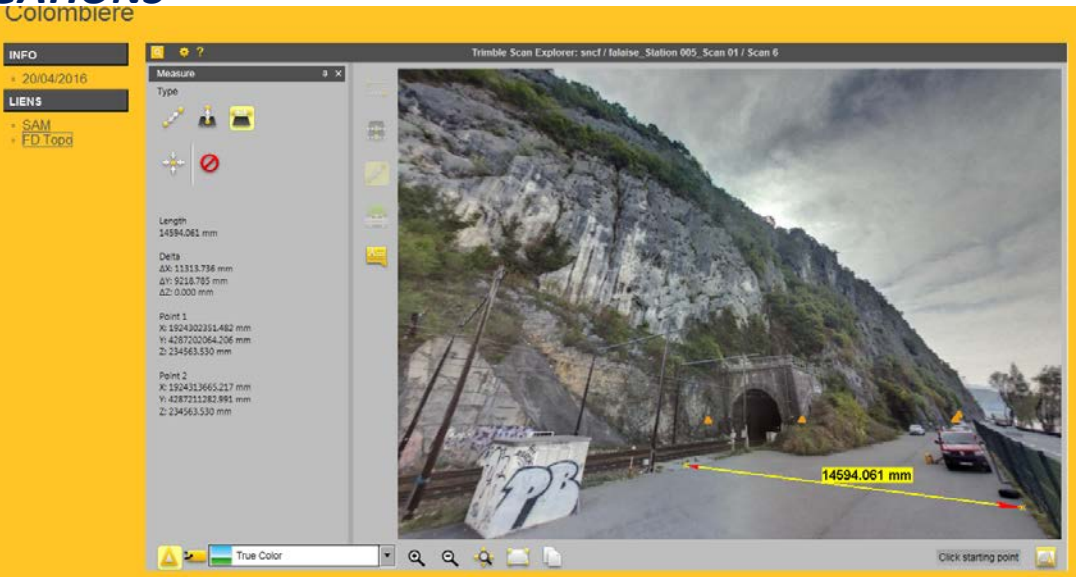
Temps d'acquisition => non exposé aux chutes de pierres

- Matériel :
- Scan Laser terrestre Trimble TX8
- Caméra 360 Istar
- GPS Trimble R10

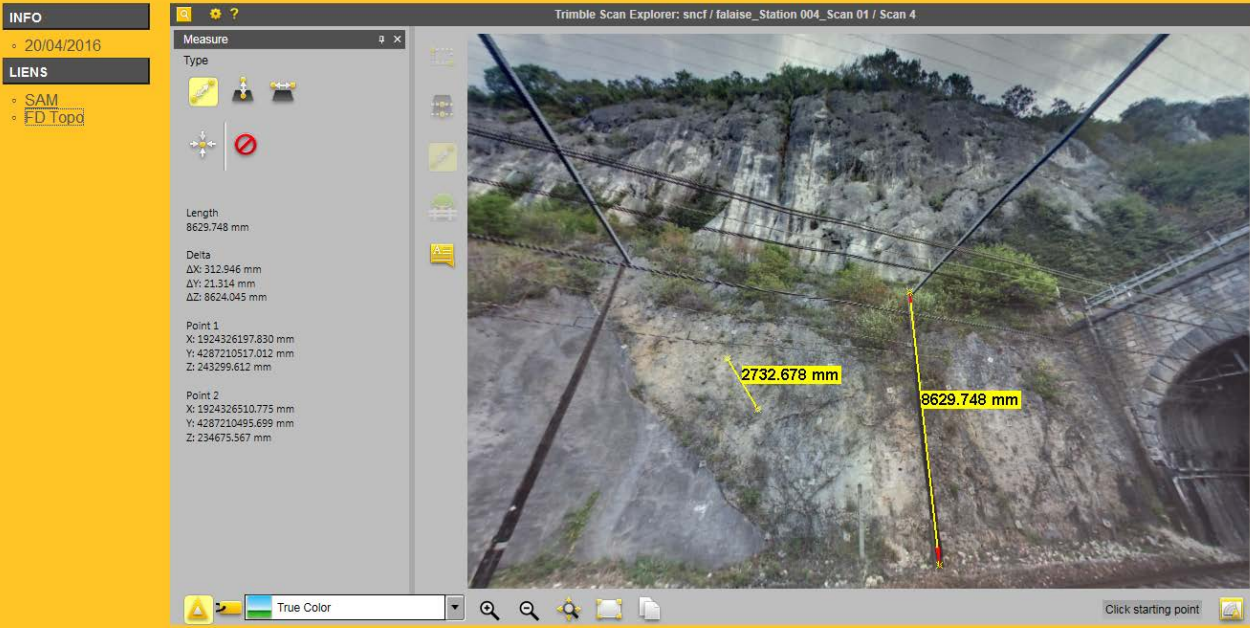
# VERSANT DE LA COLOMBIERE – INVESTIGATIONS

Rendu :

- Viewer avec outil de mesures

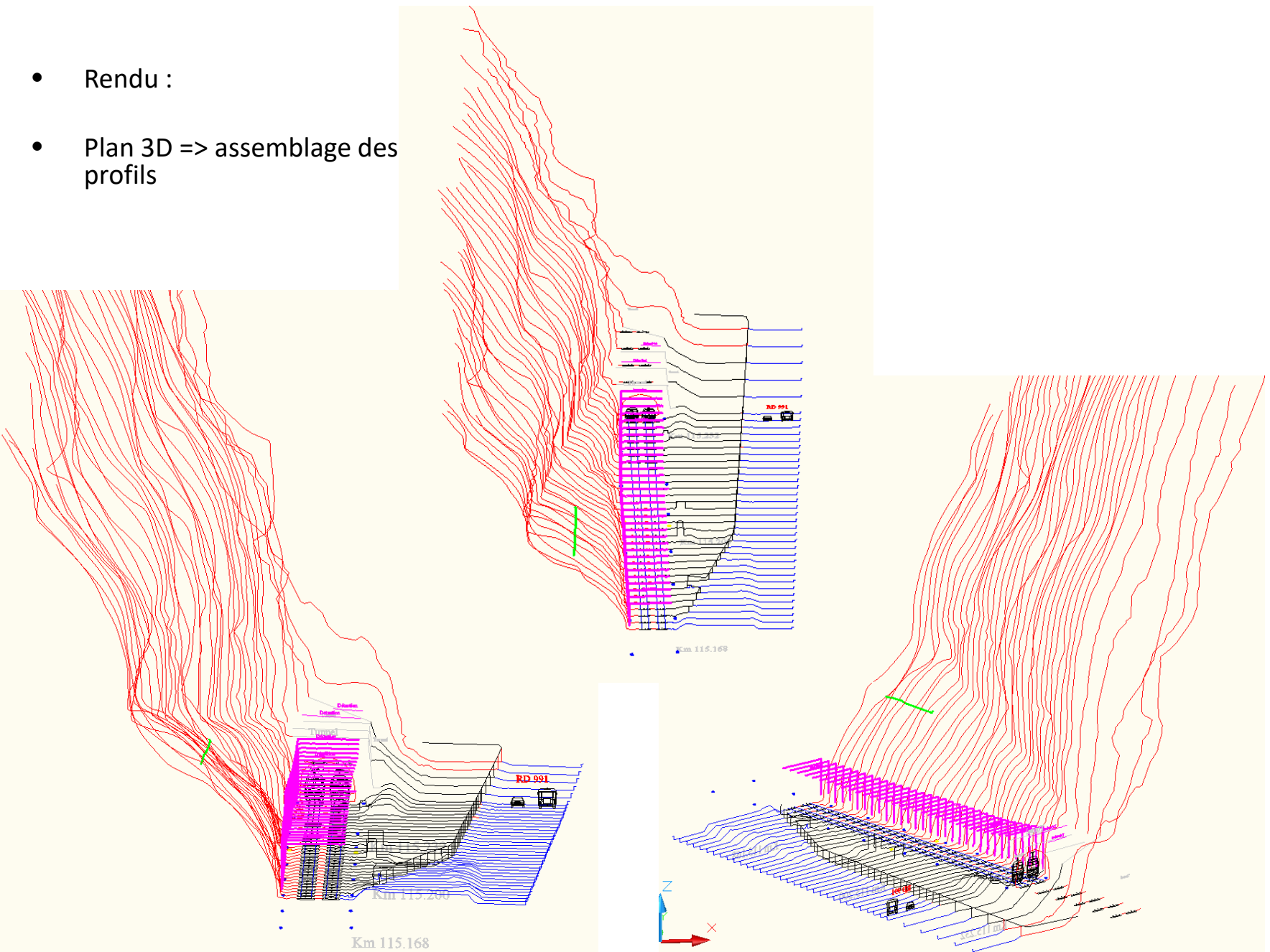


## Colombière



# VERSANT DE LA COLOMBIERE – INVESTIGATIONS

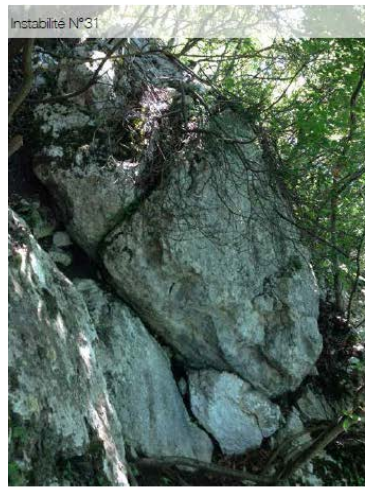
- Rendu :
- Plan 3D => assemblage des profils



# VERSANT DE LA COLOMBIERE – DIAGNOSTIC COMPLET DES ALEAS



## • ETUDE DE DIAGNOSTIC – BE SAGE

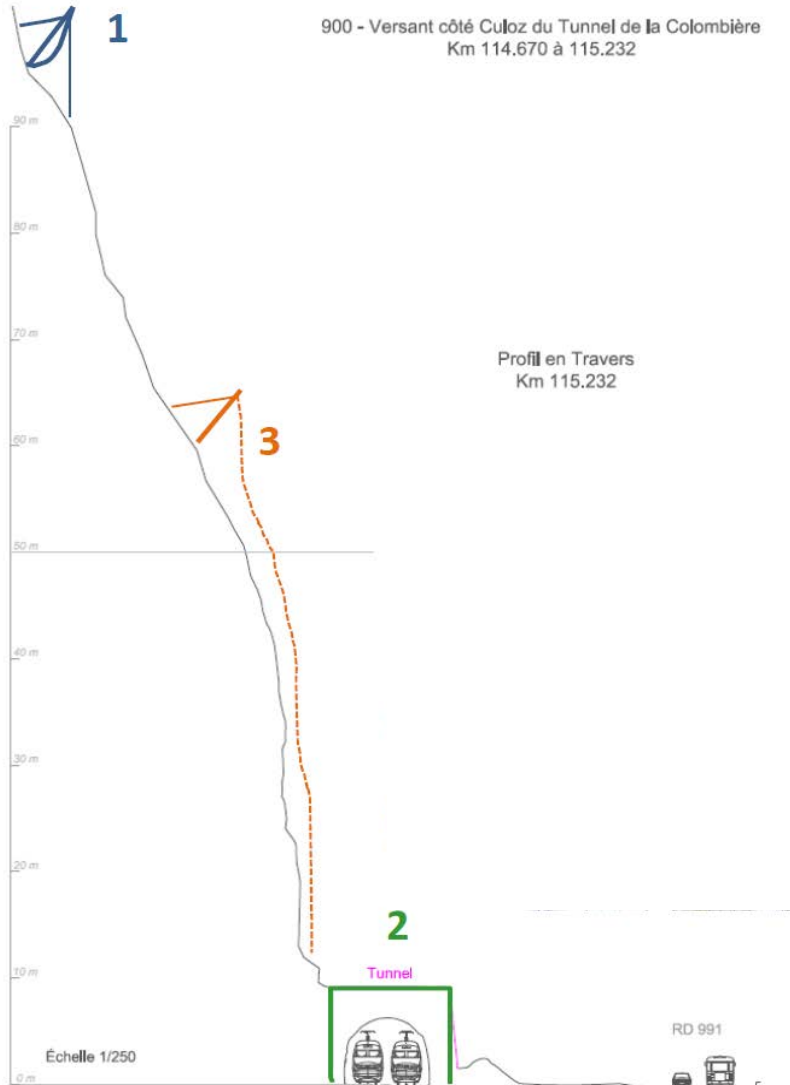


- Vol max = 90L et vitesse de 25 à 40 m/s, hauteur de chute 70 m
- Environ 30 compartiments à conforter (blocs et masses ~ 5m<sup>3</sup>)
- Aléa de propagation très élevé – trajectoires verticales



# VERSANT DE LA COLOMBIERE – RÉSOLUTION DU PROBLEME

## PHASAGE



## Scénario / phasage de confortement

Établi en commun le 21 juillet 2016 : SNCF Réseau (I&P et Infrapôle) / Engineerisk / SAGE / GTS / TSO

### 1. Confortement sur ressauts et vire supérieurs

- Purge contrôlée des pierres et blocs (1 à 30 Litres) hélicoptage – stabilisation des blocs (emmaillotage).
- Mise en place de barrières provisoires en aval et en amont des Ecrans pare-blocs : H=1,5 m et 2 m,
- Pose d'Ecrans pare-blocs 500 KJ => 70 ml

### 2. Pose d'une galerie provisoire

- Protection provisoire => protection contre les chutes de pierres
- Permet le maintien des circulations ferroviaires
- Evite les opérations de réparation et de maintenance des infrastructures ferroviaires sur site non sécurisé

### 3. Confortement des falaises médianes et inférieures

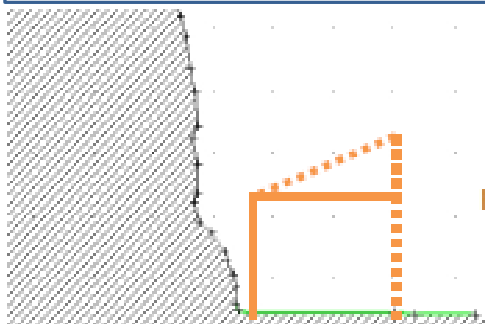
- Débroussaillage
- Purges contrôlées
- Confortement de masses instables sur les ressauts + vires + falaises
- Pose de grillage pendu sur poteau

# VERSANT DE LA COLOMBIERE – RÉSOLUTION DU PROBLEME

ETUDE GTS : PROPOSITION D'UNE GALERIE PARE-PIERRES – JUILLET 2016

## ENJEUX :

- Limiter au maximum l'exposition du personnel sur un site accidentogène
- Mise en œuvre possible de nuit, sous interception V1/V2 + consignation
- Optimisation coûts / délais d'intervention
- Pas d'augmentation du risque pour les terrains à l'aval
- Maintien en service des filets détecteurs



## PRINCIPE :

Poteaux type HEB

Nappe type filet HR + lisses de câbles



Enveloppe de la galerie en portiques + filets  
gabarit précis à convenir / DCR + caténaire, toit

## AVANTAGES :

- Modules autostables pré-montés
- Préparation et stockage à proximité
- Mise en œuvre par levage
- Temps de mise en œuvre réduits
- Finitions sécurisées

EXPERTISE ENGINEERISK : ETUDE DES 3 SOLUTIONS SUITE REUNION COMMUNE GTS / SAGE / ENGINEERISK

## CONCEPTION DE LA GALERIE

- SAGE : une galerie « sandwich » constituée d'un support (souple ou rigide) et de pneus remplis de sable ou d'un matériau permettant d'absorber l'énergie
- GTS : une galerie constituée d'une grillage « HLE » doublé voir triplé d'une géogrille (type renforcement de sol) possédant de bonnes caractéristiques mécanique
- ENGINEERISK : une galerie constituée d'un assemblage de tôles.

## QUESTION DE FOND : RISQUE PERFORATION ou BULLET EFFECT

- petit élément
- chute libre a priori d'au minimum 60m de haut
- Energie et vitesse d'impact à l'arrivée => perforation des structures de protection.

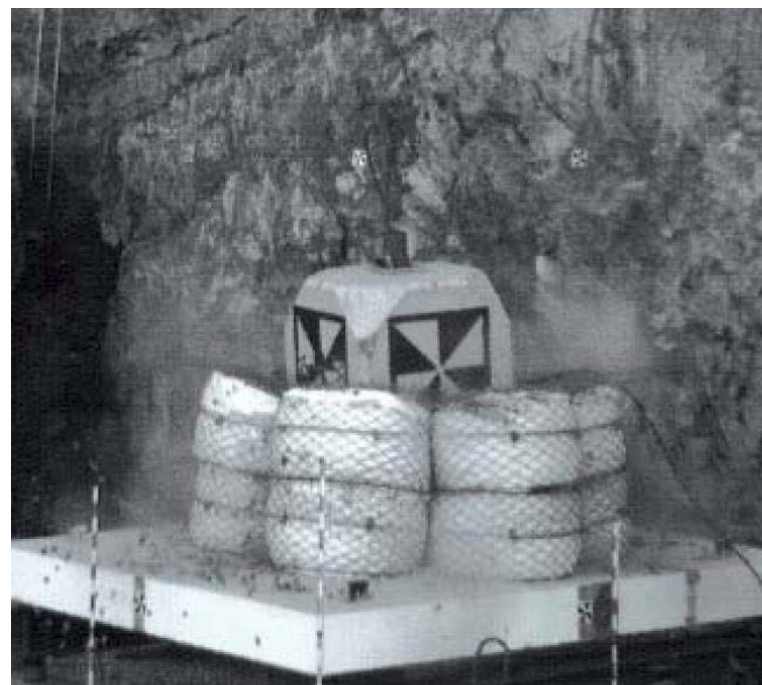
### Solution SAGE :

- **Inconvénients :**

- **couverture complexe** tant dans la conception (sur quel matériau : grillage ou plaque de tôle ou autre... faire reposer les pneu rempli de sable ?)
- **Difficile à mettre en œuvre** car très lourde.
- **Transmission de nombreux efforts** à la structure porteuse et fondation importante.
- **Maintenabilité difficile** en cas d'évènement important : si rupture de la structure par impact important : fort impact sur l'infrastructure (déversement des matériaux ?) et difficulté pour rétablir les circulations

- **Avantages :**

- pas de risque de perforation et capacité énergétique élevée
- Coût probablement très élevé en raison des matériaux, de la conception et de la mise en œuvre.
- Pour ce type de structure : il faudrait qu'elle soit pérenne (type casquette) et qu'il n'y ait plus de travaux à reprendre dans le versant.



### Solution GTS :

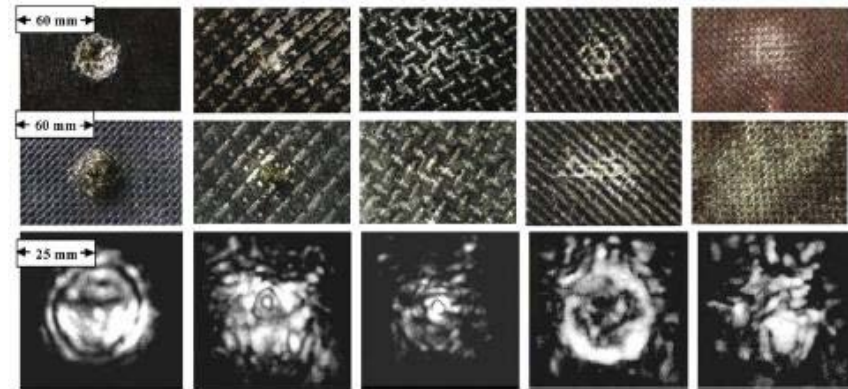
- **Inconvénients :**

- superposition d'une nappe de grillage HLE et de 1 voire 2 géogrilles (type TEXINOV : géogrille enduite haute résistance) : **déformation de la structure** pour capacité d'absorption de l'énergie à prendre en compte dans la hauteur au-dessus de la détection,
- pas de traitement anti UV sur la géogrille (**structure provisoire dans le temps**),
- **risque de perforation persiste** et donc de déclenchement de la détection avec arrivée de pierres en plateforme.

- **Avantages :**

- couverture légère, pouvant permettre de diminuer le nombre de module éventuellement, capacité énergétique de 150kJ,
- mise en œuvre relativement aisée,
- maintenabilité aisée sur le court et moyen terme.

- Coût relativement correct (matériaux et structure connue) et maintenabilité aisée. Risque de perforation persiste



# VERSANT DE LA COLOMBIERE – RESOLUTION DU PROBLEME

EXPERTISE ENGINEERISK : ETUDE 3 SOLUTIONS SUITE REUNION COMMUNE GTS / SAGE / ENGINEERISK

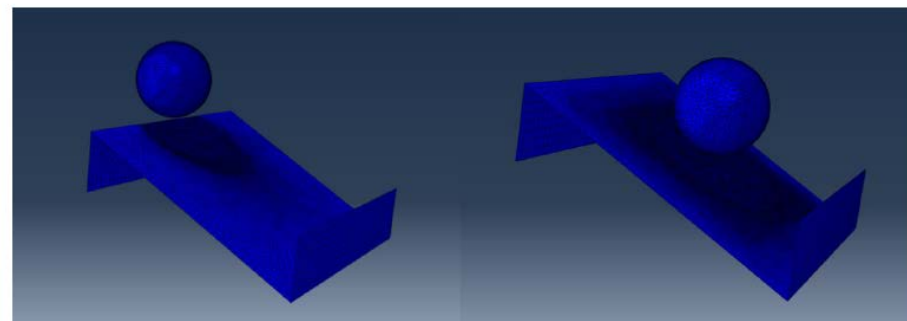
## Solution ENGINEERISK :

### • Inconvénients :

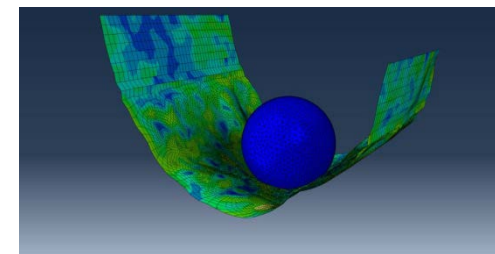
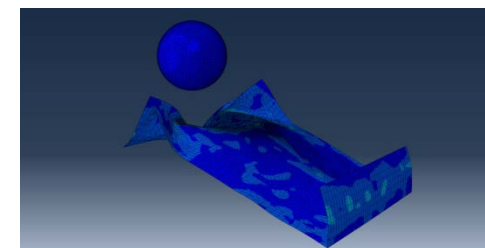
- structure constituée de tôle plus ou moins épaisse : poids 8 fois supérieur à solution GTS, difficulté de mise en œuvre
- contraintes plus importantes au niveau de la structure porteuse avec augmentation possible du nombre de module pour la reprise du poids,
- mode de liaison des éléments de tôle entre eux pas encore abordé,
- si impact central dans la tôle, forte déformabilité de celle-ci, maintenabilité peu aisée
- et si rupture par aléa élevé : fort impact sur l'infrastructure et difficulté pour rétablir les circulations. Pas de traitement anti UV ou pluie (structure provisoire dans le temps).

### • Avantages : résistance à la perforation, capacité énergétique modélisée : 30kJ à 40m/s.

- Coût probablement élevé voire très élevé (matériaux de la couverture uniquement, 2 fois plus cher et mise en œuvre plus complexe).
- Plus de risque de perforation mais reste à vérifier la capacité énergétique.



Position des deux impacts testés

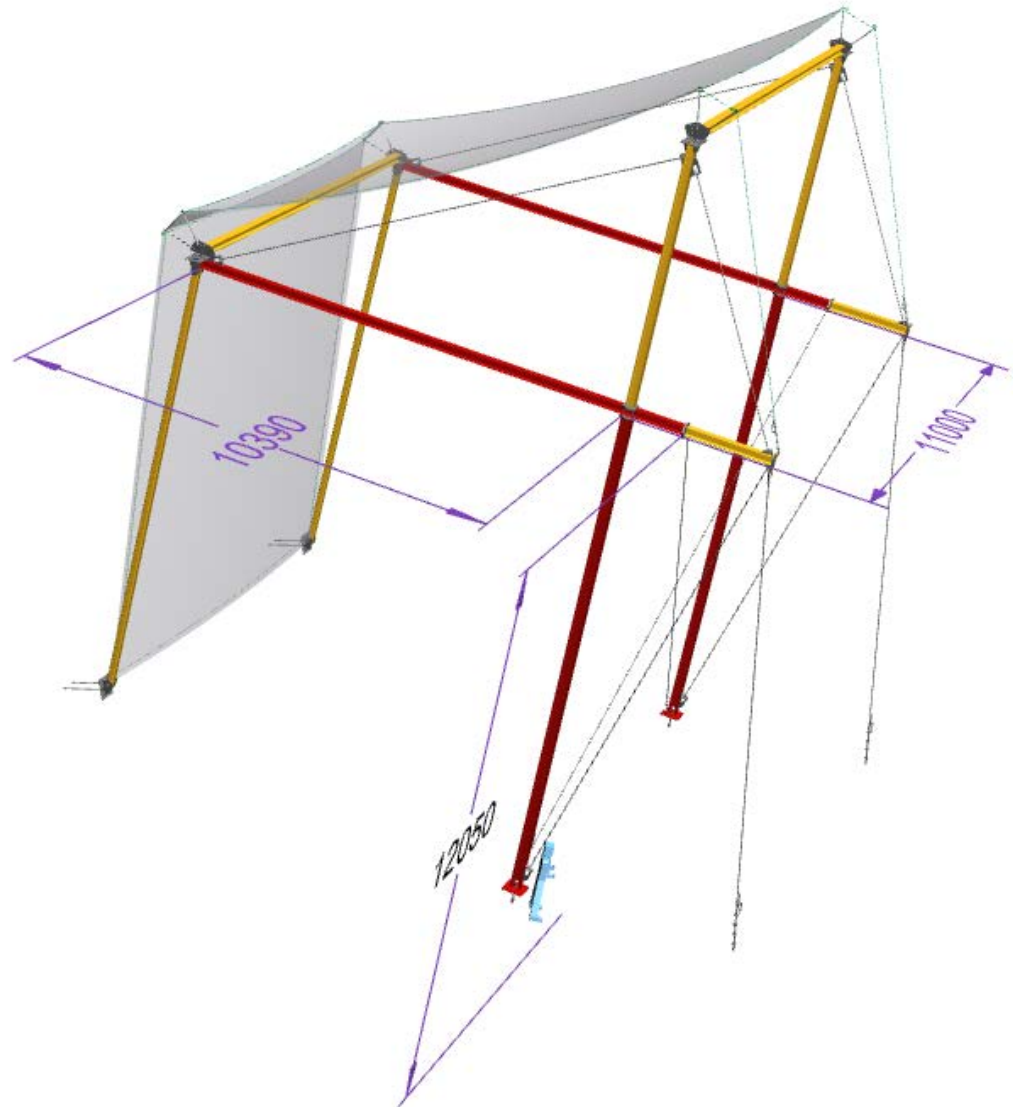


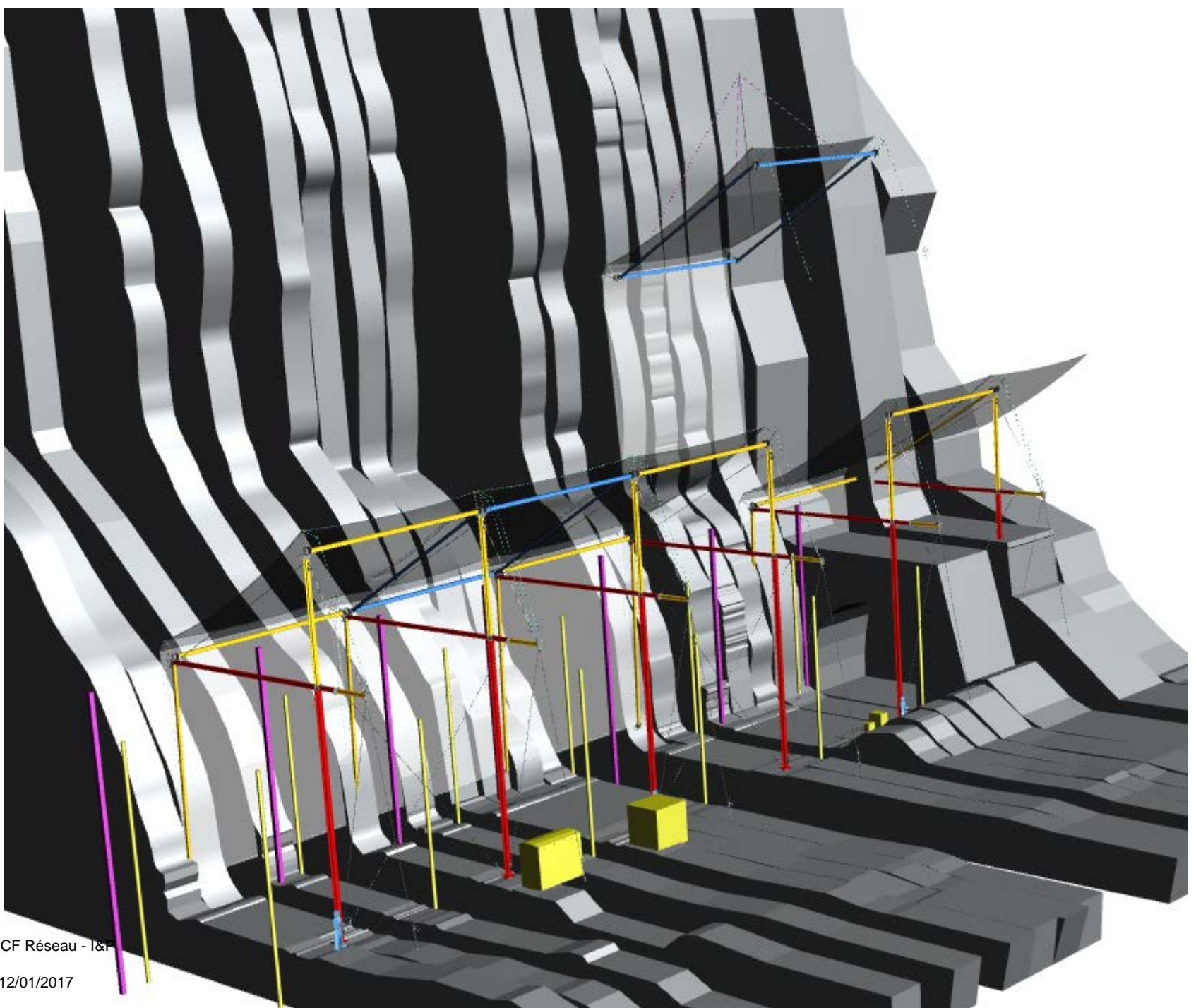
# VERSANT DE LA COLOMBIERE – RESOLUTION DU PROBLEME

EXPERTISE ENGINEERISK : ETUDE 3 SOLUTIONS SUITE REUNION COMMUNE GTS / SAGE / ENGINEERISK

- CHOIX DE LA SOLUTION GTS

- ⇒ Meilleur rapport coût/mise en œuvre,
- ⇒ Poids,
- ⇒ Durabilité,
- ⇒ Protection risque rocheux
- ⇒ Et protection efficace pour le personnel







## Marché en conception – réalisation Groupement GTS – SAGE

### 4 PHASES de septembre à décembre 2016

1. Semaines 39 à 42 : Ecran de protection en partie haute
2. Semaine 43 : Pose galerie provisoire
3. Semaine 44 à 51 : Confortement et sécurisation des falaises
4. 2017 : Dépose galerie

Voies circulées - alertes

Voies interceptées 10h-16h

DETC urgence incontournable

Plages ponctuelles pour héliportage

Voies interceptées de nuit – 1 semaine

### Route départementale :

Coupure d'une chaussée routière en journée (alternat manuel)

Héliportage (intervalle entre 30mn et 1h15, microcoupure route 15mn)

Analyse de risque systématique en cas de co-activité ou superposition des tâches  
Personnel entreprise GTS formé à la réparation des fils, intervention sous 1h



# GALERIE PARE-PIERRES PROVISOIRE

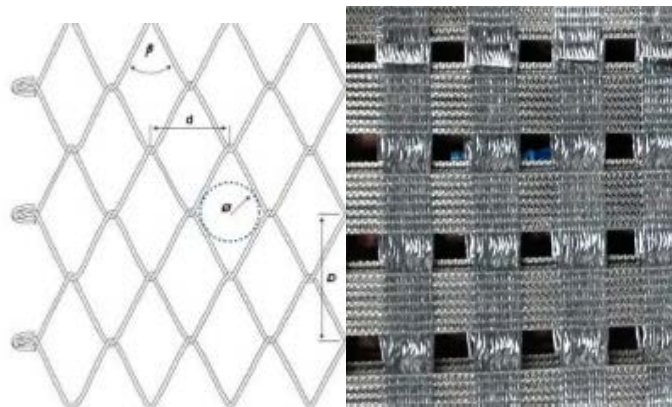
## DONNEES D'ENTREE

Vitesse d'impact 30 à 37 m/s

Energie 100 à 150 kJ

Mise en œuvre

Respect gabarit



## DIMENSIONNEMENT GTS:

Poteaux type HEB

Nappe tri-couche TUTOR - NOTEX

