

L'exploitation
et la maintenance
des infrastructures



Chutes de Blocs
Risques **R**ocheux
Ouvrages de **P**rotection



Pratiques communes pour les études trajectographiques

Axe aléa – action Apropag01



*Liberté
Égalité
Fraternité*

15/06/2023



Objectif de l'action

Etablissement de **règles bonnes pratiques communes** pour la réalisation d'études trajectographiques et pour l'exploitation des résultats de simulation.

Contexte

○ Benchmark C2ROP

→ Importantes disparités en termes :

- d'utilisation des logiciels trajectographiques,
- de présentation des résultats de simulation
- de justification des résultats de simulation.



Obstacle majeur à l'évaluation de la pertinence des études trajectographiques et à l'exploitation de leurs résultats.

○ Documents récents existants :

- MEZAP (peu d'informations sur les simulations trajectographiques)
- Recommandations pour la réalisation de simulations trajectographiques à la demande de la DGPR (Cerema et RTM, 2019)
- Fiche d'information « Utilisation de modèles pour l'évaluation des dangers de chute de pierres » (OFEV - Suisse)
- Memento « trajectographie/merlons » (CROP2)
- Annexe 6 CCTP Etude C2ROP

○ Exploitation pour le dimensionnement des ouvrages de protection :

- Capacités des outils de simulation trajectographique (H, Ec) ?
- Utilisation de descripteurs statistiques issus de simulations 2D
- Limites au voisinage des merlons, notamment



Livrables

- Document de bonnes pratiques, validé par tous, reprenant / critiquant / complétant les documents existants
- Application des règles sur des cas d'étude bien documentés
- Mise à disposition d'une base de données de sites d'études pour vérification d'un modèle / calibration

Etat d'esprit

- Continuité avec les documents existants
- Recherche d'un consensus nécessaire à l'homogénéisation des pratiques

Mode de fonctionnement

- Lectures des documents
- Analyse critique
- Rédaction commune d'un document

- En parallèle, identification de sites d'étude et collecte des données



Trame du document « en cours de rédaction » reprenant les documents existants

- Cadre d'usage des études trajectographiques
- Principes généraux
- Données d'entrée
 - Historique de l'occupation des sols / topographie
 - Conditions initiales
 - Modèles numériques de Terrain
 - Types de sol
 - Zones de départ
- Mise en œuvre des simulations
 - Modèles
 - Réalisation des simulations
 - Contrôle des résultats
 - Tests de sensibilité
- Restitution des résultats
- Points d'attention



Trame du document « en cours de rédaction » reprenant les documents existants

- Cadre d'usage des études trajectographiques
 - Cartographie de l'aléa
 - Choix de stratégies de protection
 - Dimensionnement fonctionnel et structurel des ouvrages de protection
 - Diagnostic d'événements

Encart souhaité en préambule :

La trajectographie est un outil dédié à l'obtention d'informations sur l'aléa de chute blocs sur des sites ayant peu d'événements connus.

L'utilisation de cet outil dans ce contexte est complexe et les résultats obtenus sont à interpréter avec précautions.



Trame du document « martyr » reprenant les documents existants

- Principes généraux
 - Travail sur la forme de scénarios (volumes et zones de départ)
 - Limitation de la complexité des hypothèses et des modèles
 - scénarios simples
 - nombre de paramètres limité
 - modèles 2D à privilégier
 - Description transparente des outils et des simulations
 - description détaillée de l'outil de simulation
 - intégration de preuves de performance (quoi ? par qui ?)
 - simulations sur plusieurs cas documentés ?
 - Analyse statistique détaillée des résultats
 - Evaluation de la représentativité des résultats
 - comparaison à des données de type « ligne d'énergie » et/ou entre des simulations issues de 2 outils
 - incertitudes associées aux résultats (analyse de sensibilité)

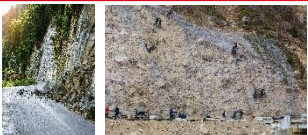


Trame du document « martyr » reprenant les documents existants

- Données d'entrée
 - Topographie / Historique de l'occupation des sols
 - Historique des événements
 - Zones de départ
 - Modèles numériques de Terrain
 - Types de sol

Questions essentielles à discuter :

- **Résolution des MNT**
- **Identification des zones de départ**
- **Inventaire des blocs**



Trame du document « martyr » reprenant les documents existants

- Mise en œuvre des simulations
 - Modèles
 - Utilisation de **plusieurs modèles** (ligne d'énergie = modèle ?)
 - Description détaillée des modèles et lien vers **les références scientifiques** les décrivant
 - Descriptions de tous les paramètres associés au modèle
 - **Liste de cas d'études** sur lesquels le modèle a été appliqué
 - Contraintes imposées :
 - Limitation du nombre de paramètres du modèle de rebond (3 par type de sol)
 - Paramètres du modèle de rebond déterministes
 - **Limitation du nombre de paramètres probabilistes (1 ou 2)**
 - Un seul volume / une seule forme / pas de fragmentation (mais plusieurs scénarios)
 - **Dimensionnement : utilisation de modèles 2D seulement**



Trame du document « martyr » reprenant les documents existants

○ Mise en œuvre des simulations

- Réalisation des simulations

- **Relevés de terrain et simulations faits par une même personne**

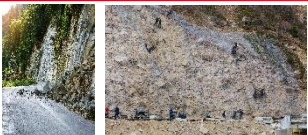
- « nombre suffisant de simulations » de manière à avoir une représentation statistique suffisante au niveau de la zone d'étude

- Choix du **paramétrage** des modèles potentiellement **différent en fonction des objectifs** de la simulation

- **Contrôle de la convergence :**

- la grandeur utilisée pour le dimensionnement / zonage doit ne doit pas varier au delà d'une valeur seuil si le nombre de simulations augmente

- L'expert peut/doit mener **plusieurs calculs et en faire une synthèse**



Trame du document « martyr » reprenant les documents existants

○ Mise en œuvre des simulations

• Contrôle des résultats

- Comparaison à des valeurs de « ligne d'énergie » issues des bases de données disponibles
- Contrôle par comparaison aux blocs déposés
- Analyse des trajectoires atypiques
- Identification à dire d'expert des trajectoires extrêmes ou atypiques (voire aberrantes)

• Tests de sensibilité

- A minima : Variation des paramètres identifiés comme « influents » d'un pourcentage donné
- Analyse de sensibilité plus détaillée (indices de Sobol,...)



Trame du document « martyr » reprenant les documents existants

- Restitution des résultats
 - Présentation des résultats bruts : trajectoires et « courbes enveloppes »
 - Diagrammes spécifiques :
 - Distributions cumulées des hauteurs, vitesses et énergies au niveau des ouvrages
 - Distributions cumulées des distances de propagation des blocs
 - Cas du dimensionnement d'un ouvrage :
 - Evolution de quantiles des hauteurs / énergies le long du profil pour le positionnement de l'ouvrage
 - Quantiles des distributions de hauteurs / vitesses / énergies
 - Diagrammes hauteurs / vitesses ou hauteurs / énergies
 - Présentation de la variabilité des résultats

A discuter :

- **homogénéisation du choix des quantiles des distributions à présenter / utiliser ?**
- **quel niveau d'interprétation / post-traitement des résultats apporter ?**



Suite du travail

- Finaliser la lecture collective du « document martyr »
- Finaliser la rédaction d'une version « avant application »
- Définir des sites d'études (quelques pistes envisagées en réunion)
- Application sur les sites d'étude

