

L'exploitation
et la maintenance
des infrastructures



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



AXE SURVEILLANCE

Document référentiel surveillance issu de C2ROP 1ère édition

Clara Lévy, Lucas Meignan



*Liberté
Égalité
Fraternité*



Objectifs :

- Mise à jour du document C2ROP 1
- Complétion du document au fur et à mesure avec les apports des actions de l'axe surveillance
- Finalisation pour la fin du PN (2025)

Fonctionnement :

- Echanges de documents et informations sur le canal Teams
- Un document actif unique partagé, en mode suivi de modifications
- Répartition des tâches régulières
- Document unique commenté au fur et à mesure, par tous
- Validation des modifications et nouvelle version du guide à jour



Les titres principaux

4. Etat de l'art : bibliographie, genèse et systèmes
5. Structuration d'une opération de surveillance : acteurs, compétences, commission sécurité, qualité et RetEx
6. Conception : diagnostique et niveaux de surveillance
7. Mise en œuvre : préparation, installation, contrôle, réception
8. Exploitation : processus de décision et maintenance



Table des matières

| | | | |
|---|-----------|---|-----------|
| 1 Résumé | 6 | | |
| 2 Glossaire | 7 | | |
| 3 Introduction | 7 | | |
| 3.1 Limites d'emploi du document..... | 7 | | |
| 3.2 Cadre d'utilisation de solution de surveillance | 8 | | |
| 3.2.1 Comparaison de solutions de surveillances aux solutions de protection | 8 | | |
| 3.2.2 Pertinence de solution de surveillance | 8 | | |
| 4 Etat de l'art | 9 | | |
| 4.1 Synthèse bibliographique et usages | 9 | | |
| 4.1.1 En France..... | 9 | | |
| 4.1.2 En Italie..... | 10 | | |
| 4.1.3 En Suisse | 11 | | |
| 4.1.4 Projets européens | 12 | | |
| 4.2 Etat de l'art - Systèmes de surveillance..... | 13 | | |
| 4.2.1 Genèse de la surveillance | 14 | | |
| 4.2.2 Etat de l'art - Systèmes de surveillance à détection de rupture | 15 | | |
| 4.2.3 Etat de l'art - Systèmes de surveillance à détection de propagation | 20 | | |
| 5 Structuration d'une opération de surveillance..... | 22 | | |
| 5.1 Conception et réalisation | 22 | | |
| 5.1.1 Intervenants et fonctions | 22 | | |
| 5.1.2 Compétences | 22 | | |
| 5.2 Commission de sécurité pour arrêt de surveillance..... | 23 | | |
| 5.3 Système qualité et retour d'expérience | 23 | | |
| 5.4 Synthèse | 24 | | |
| 6 Conception..... | 26 | | |
| 6.1 Choix d'une solution de surveillance..... | 26 | | |
| 6.1.1 Diagnostics | 26 | | |
| 6.1.2 Niveaux de surveillance | 27 | | |
| 6.1.3 Performances fonctionnelles..... | 29 | | |
| 6.1.4 Faisabilité | 31 | | |
| 6.2 Architecture des systèmes | 32 | | |
| 6.2.1 Généralités | 32 | | |
| 6.2.2 Domaines d'application | 33 | | |
| 6.3 Eléments | 36 | | |
| 6.3.1 Dispositif de mesures | 36 | | |
| 6.3.2 Exploitation | 43 | | |
| 6.3.3 Alerte et alarme | 44 | | |
| | | 6.3.4 Sécurisation..... | 45 |
| | | 6.4 Cahier des charges..... | 46 |
| | | 7 Mise en œuvre d'un système de surveillance | 49 |
| | | 7.1 Préparation | 49 |
| | | 7.2 Installation | 50 |
| | | 7.3 Contrôle | 51 |
| | | 7.4 Réception | 51 |
| | | 8 Exploitation..... | 53 |
| | | 8.1 Processus de décisions de sécurisation | 53 |
| | | 8.1.1 Définition des types | 53 |
| | | 8.1.2 Définition des conditions de déclenchement..... | 53 |
| | | 8.1.3 Information..... | 54 |
| | | 8.1.4 Acquiescement des alertes et alarmes..... | 54 |
| | | 8.2 Analyse des données | 55 |
| | | 8.3 Maintenance | 55 |
| | | 8.3.1 Maintenance préventive | 55 |
| | | 8.3.2 Maintenance corrective | 57 |
| | | 8.4 Evolution de l'efficience de la surveillance | 57 |
| | | 8.4.1 Evolution des conditions de déclenchement..... | 57 |
| | | 8.4.2 Evolution du système | 58 |
| | | 8.4.3 Arrêt de la surveillance..... | 58 |
| | | 9 Annexes | 61 |
| | | 9.1 Glossaire | 61 |
| | | 9.2 Bibliographie..... | 64 |
| | | 9.2.1 Guides et recommandations | 64 |
| | | 9.2.2 Projets européens | 65 |
| | | 9.2.3 Articles et ouvrages scientifiques | 65 |
| | | 9.2.4 Etudes de cas..... | 65 |



Résumé

Très court avec éléments de cadrage. A qui s'adresse le guide.

Ce guide constitue une clé commune de lecture pour permettre des échanges éclairés entre les :

- maître d'ouvrage (MOA) ;
- gestionnaire d'infrastructure (GI) ;
- maître d'œuvre concepteur du système de surveillance (MOE conception) ;
- maître d'œuvre réalisation du système de surveillance (MOE réalisation) ;
- maître d'œuvre exploitation du système de surveillance (MOE exploitation) ;
- bureau d'études technique (BET) ;
- entreprise d'instrumentation (EI).

Cadre d'utilisation et limites

- Ce guide propose une méthodologie pour la réalisation d'une opération de surveillance pour la gestion du risque rocheux, en l'abordant sous ses différents aspects et sur toute la durée de l'opération de surveillance.
- L'application opérationnelle des connaissances et méthodes exposées dans ce document doit être opérée par des acteurs expérimentés aux spécificités de la gestion du risque rocheux par surveillance, dans une démarche globale et complète de genèse d'une opération.
- Ces éléments sont abordés dans un objectif de sécurité des personnes et d'efficacité* socio-économique dans le cadre juridique actuel.

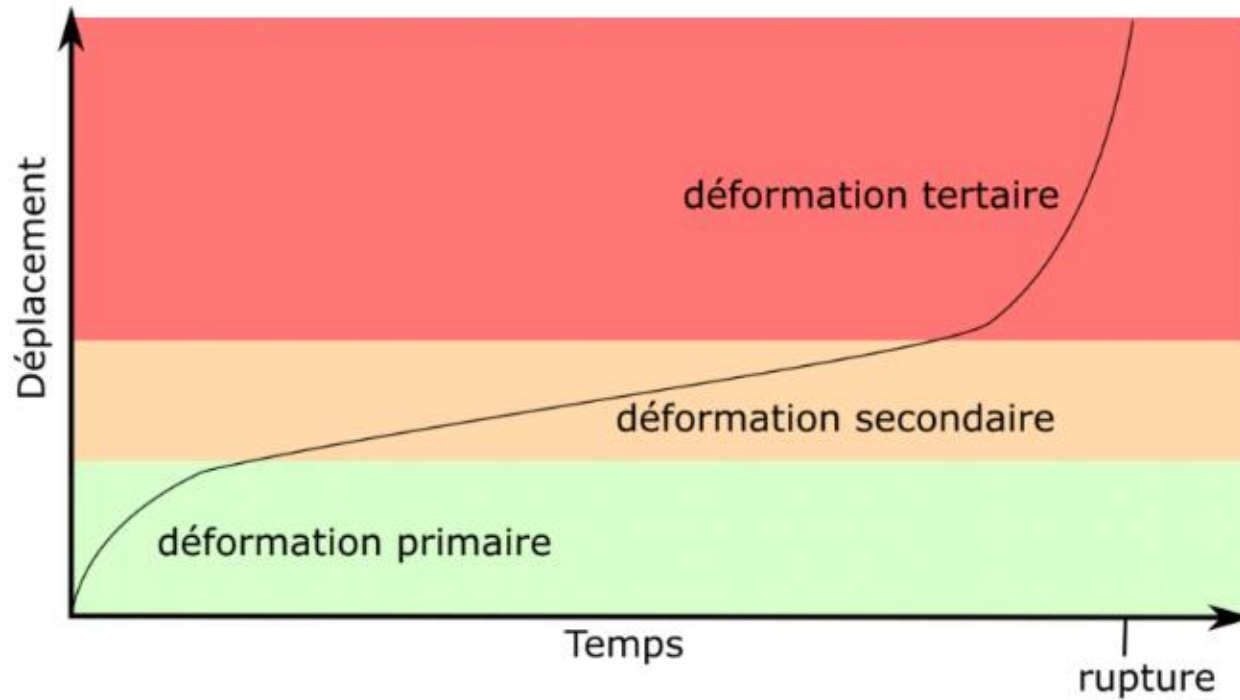
Etat de l'art

Documents de référence FR, Italie, Suisse, Projets Européens...

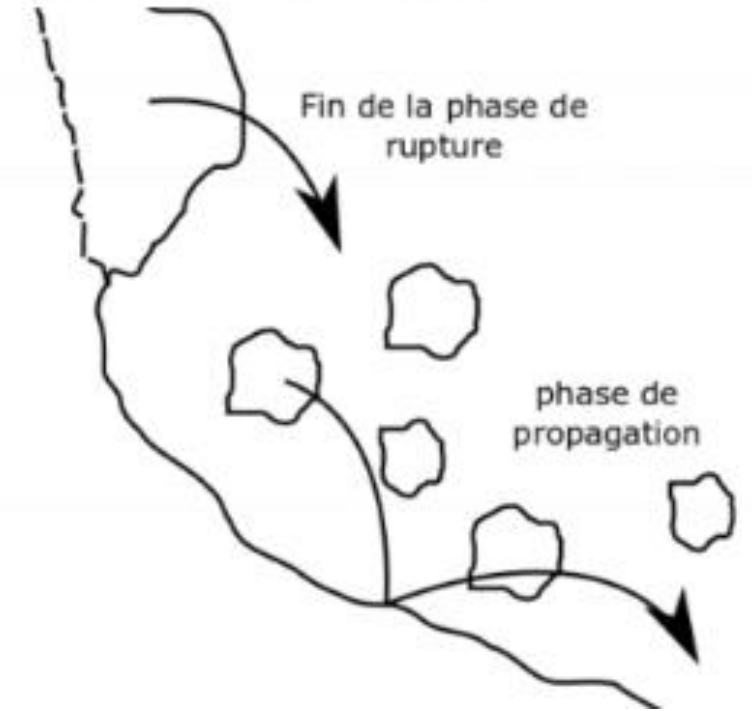


Description des phénomènes physiques surveillés

Principe de la surveillance de la phase de rupture



Compartiment rocheux instable



Type de phénomènes surveillés et capteurs correspondants

- Systèmes de surveillance à détection de rupture
- Systèmes de surveillance à détection de propagation

Exemples d'application

- Piton de la Becqua - La Perrière – Savoie : Le système de surveillance a constitué un outil d'aide à la décision efficace incluant un modèle de pronostic lors de la gestion de la crise finale lors des dernières semaines avant l'écroulement
- Route du littoral - La Réunion : Les capteurs ont mesuré une augmentation des vitesses d'ouverture des fractures délimitant le compartiment rocheux. Ces vitesses ont atteint le seuil d'alarme entraînant la décision de fermeture à la circulation des deux voies les plus exposées.
- Néron - La Ripaillère à Saint-Martin-le-Vinoux – Isère : Le système de surveillance a permis de détecter des signes de forte instabilité cinq jours avant l'évènement et d'activer le plan de secours (évacuation de la population) quelques heures avant l'écroulement.



Structuration d'une opération surveillance

| Élément mission | Description | | Objectifs à atteindre |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Conception | Maître d'œuvre conception | | |
| Diagnostic Géologique et Géotechnique | | | |
| Diagnostic Risque Naturel | | | |
| Etude Préliminaire | | | |
| Avant-Projet Sommaire | | | |
| Avant-Projet Définitif | | | |
| PROjet | | | |
| Dossier de Consultation des Entreprises Assistance pour passation des Contrats de Travaux | | | |
| Réalisation | Entreprise instrumentation | Maître d'œuvre réalisation | |
| Etudes d'EXEcution VISA des études d'exécution | | | |
| Direction de l'Exécution des Travaux Assistance aux Opérations de Réception | | | |
| Exploitation | Entreprise instrumentation | Maître d'œuvre exploitation | |
| Maintenance préventive | | | |
| Maintenance corrective | | | |
| Procédure de sécurisation | | | |
| Procédure d'arrêt | | | |



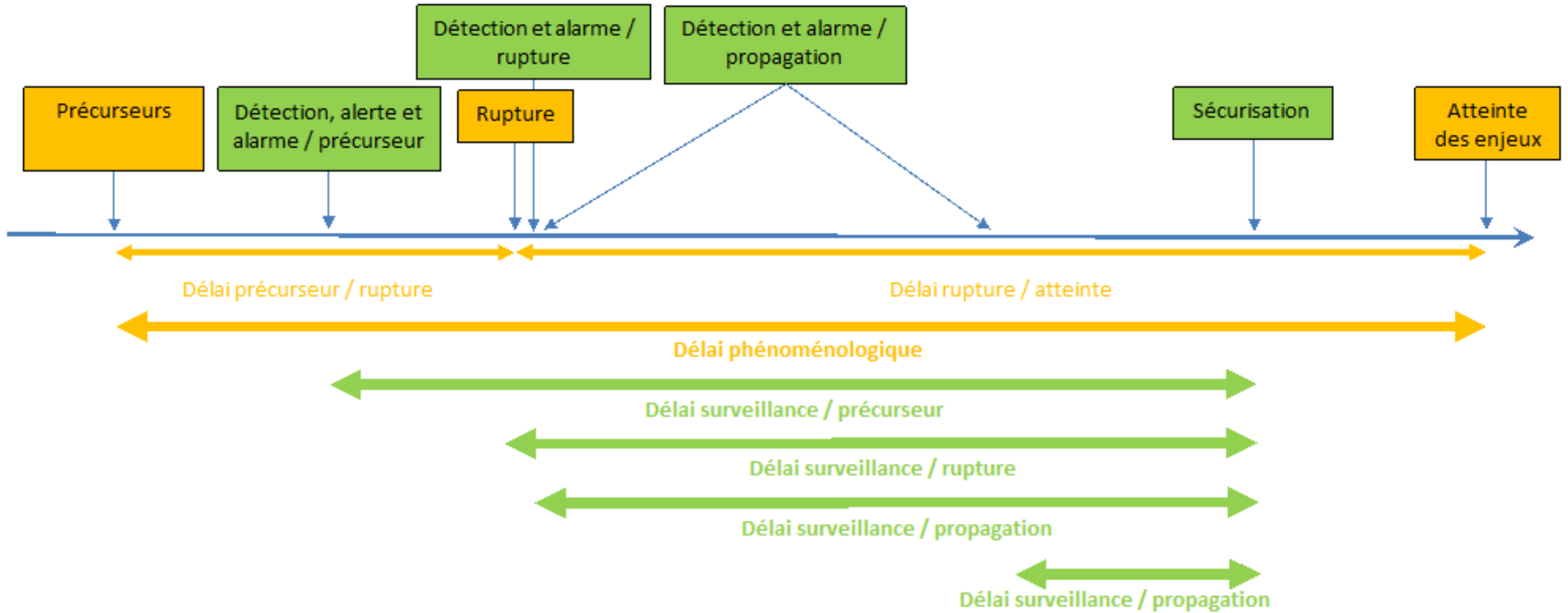
Les niveaux de surveillance

| Surveillance | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|---|---|
| Typologie | Humaine | | Instrumentale | | |
| Niveau | 1a | 1b | 2 | 3 | 4 |
| Type d'action | Observation | Sécurisation par vigie | Suivi / Auscultation | Surveillance automatique* | Surveillance et sécurisation automatique |
| Mode de surveillance | Diagnostic et analyse experte différée | Surveillance par observation visuelle et sonore | Instrumentation et exploitation humaine | Instrumentation avec gestion automatique des alertes et alarmes | Instrumentation avec gestion des alertes, alarmes et sécurisation automatique |
| Dispositif de mesure* | Non | Non | Oui | Oui | Oui |
| Type de capteurs | Sans | Sans | Mesures | Tout Ou Rien Mesures | Tout ou Rien Mesure |
| Périodicité | Variable suivant les besoins | Observation continue sur une ou des plages horaires définies | Mesures continues ou discontinues. Périodicité modulable en fonction de l'évolution | Mesures continues ou discontinues. Périodicité modulable en fonction de l'évolution. | Mesures continues et délai de surveillance court |
| Dispositif de traitement des données | Non | Non | Différé | Automatique, temps réel ou différé | Automatique et délai de surveillance court |
| Dispositif d'exploitation des données | Non | Non | Humain ou automatique | Automatique | Automatique |
| Alerte et d'alarme | Non | Déclenchement humain avec éventuellement dispositif d'alerte et alarme | Déclenchement humain expert avec éventuellement dispositif d'alerte et alarme | Dispositif automatique | Dispositif automatique |
| Sécurisation | Non | Déclenchement humain avec éventuellement dispositif de sécurisation | Non | Non | Dispositif automatique |

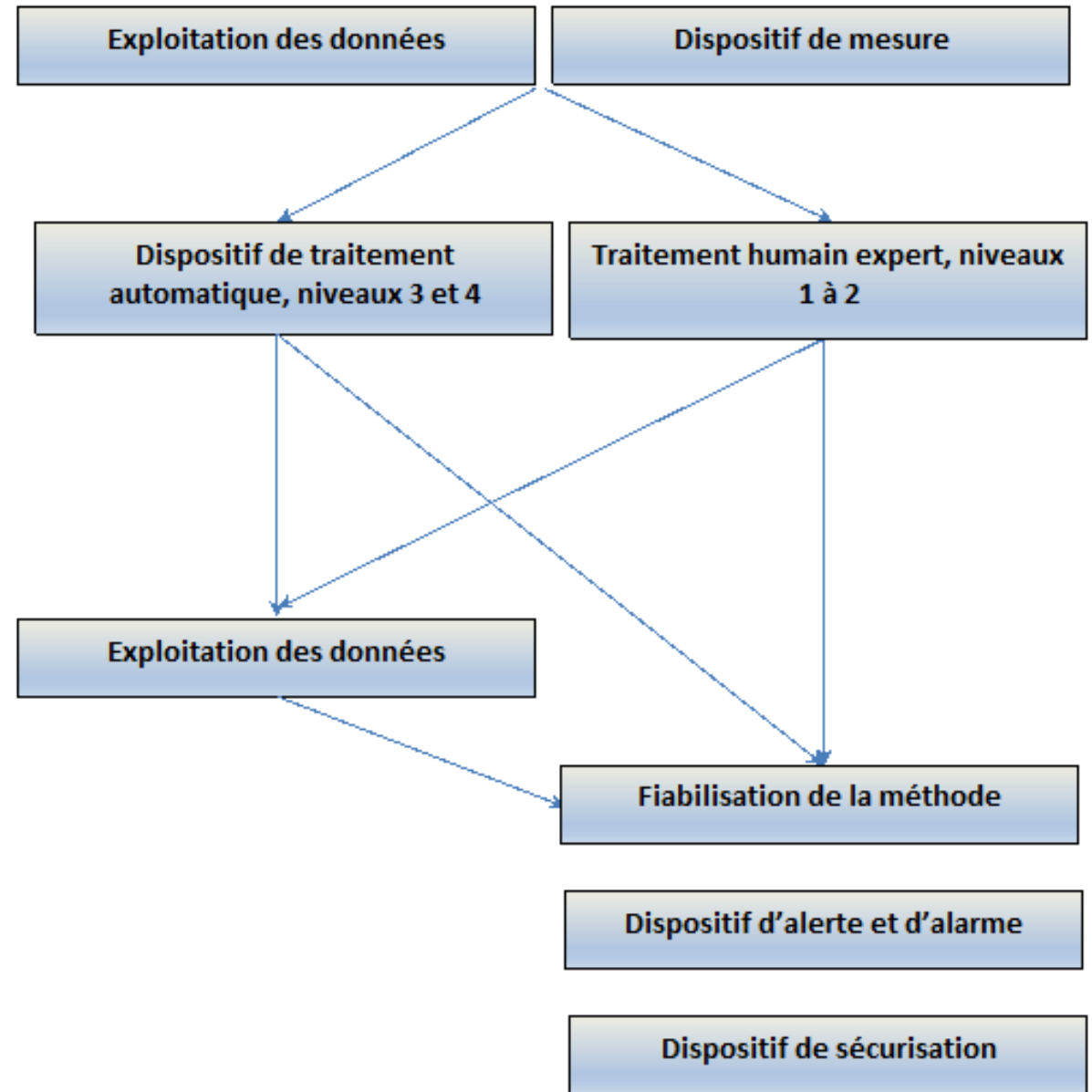


Performances fonctionnelles

Les items verts concernent la surveillance, les items oranges concernent les phénomènes rocheux.



Architecture des systèmes



Éléments du système

Dispositif d'acquisition

- Capteurs
- Énergie
- Data
- Transmission
- Edge computing ou boucle locale

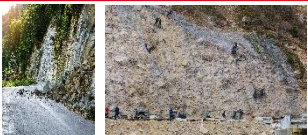
Détections

Traitement et analyse de la donnée

Exploitation

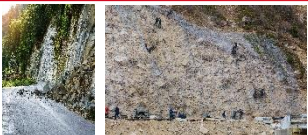
Capteurs actuellement utilisés et performances associées

| | |
|------------------------|---|
| linéaire ou à câble, | <p>Etendue de mesure courante : quelques centimètres</p> <p>Précision : submillimétrique</p> <p>Exemple d'utilisation : mesure de rejet, d'ouverture ou de glissement d'une fracture</p> |
| Clinomètre | <p>Grandeur mesurée : inclinaison par rapport à la verticale (champ de pesanteur) en 1 point.</p> <p>Base de mesure courante : dizaine de degrés</p> <p>Précision : centième de degrés</p> <p>Exemple d'utilisation : détection du basculement d'une masse rocheuse</p> |
| Extensomètre de forage | <p>Grandeur mesurée : déplacement relatif entre 1 ancrage scellé au fond d'un forage et la tête du forage</p> <p>Base de mesure courante : quelques centimètres</p> <p>Précision : submillimétrique</p> <p>Exemple d'utilisation : ouverture d'une faille</p> |
| Tachéomètre automatisé | <p>Grandeur mesurée : déplacement absolu d'un ou de plusieurs points</p> <p>Base de mesure courante : plusieurs centimètres</p> <p>Précision : millimétrique</p> <p>Exemple d'utilisation : suivi des déplacements d'un éperon rocheux</p> |
| Récepteur GNSS | <p>Grandeur mesurée : déplacement absolu d'un ou de plusieurs points</p> <p>Base de mesure courante : plusieurs mètres</p> <p>Précision : centimétrique</p> <p>Exemple d'utilisation : suivi des déplacements d'un éperon rocheux</p> |



Dispositifs de sécurisation

| Dispositif de sécurisation | Avantages / Inconvénients |
|------------------------------|--|
| Feu routier de signalisation | Avantages : Dispositif simple, connu des usagers Inconvénient : ne bloque pas physiquement l'accès aux enjeux |
| Barrière de signalisation | Avantage : boque physiquement l'accès aux enjeux Inconvénients : doit être associée à un feu de signalisation et nécessite une temporisation pour éviter que des personnes restent bloquées dans la zone d'enjeux. |
| Sirène | Définition de l'emplacement et de la puissance sonore en fonction de la zone à sécuriser Généralement associée à un gyrophare/ <u>gyroflash</u> dans le cas de la sécurisation de chantier Avantages : adaptée dans des zones larges ; bon signal d'alerte si la puissance sonore est suffisante Inconvénients : utilisation difficile en milieu très bruyant |
| Gyrophare, <u>gyroflash</u> | Définition de l'emplacement pour être vu par les personnes à sécuriser sans perturber le déroulement d'un chantier éventuel. Avantage : associé à une sirène, permet de confirmer une alerte en cours. Inconvénient : nécessité d'être à vue des personnels à alerter |
| Balise d'alerte mobile | Avantages : facilement déplaçable, proche des personnels à alerter Inconvénients : liée à un réseau de transmission (radio ou GSM), nécessité d'être rechargée régulièrement |
| Message SMS | Avantage : alerte directe des personnes responsables Inconvénient : notification du message peu prioritaire, nécessité pour la personne d'être dans une zone couverte par le réseau GSM |
| Message vocal | Avantages : alerte directe des personnes responsables, sonnerie d'appel efficace, capacité d'acquiescement (prise en compte de l'alerte) immédiat Inconvénient : nécessité pour la personne d'être dans une zone couverte par le réseau téléphonique |



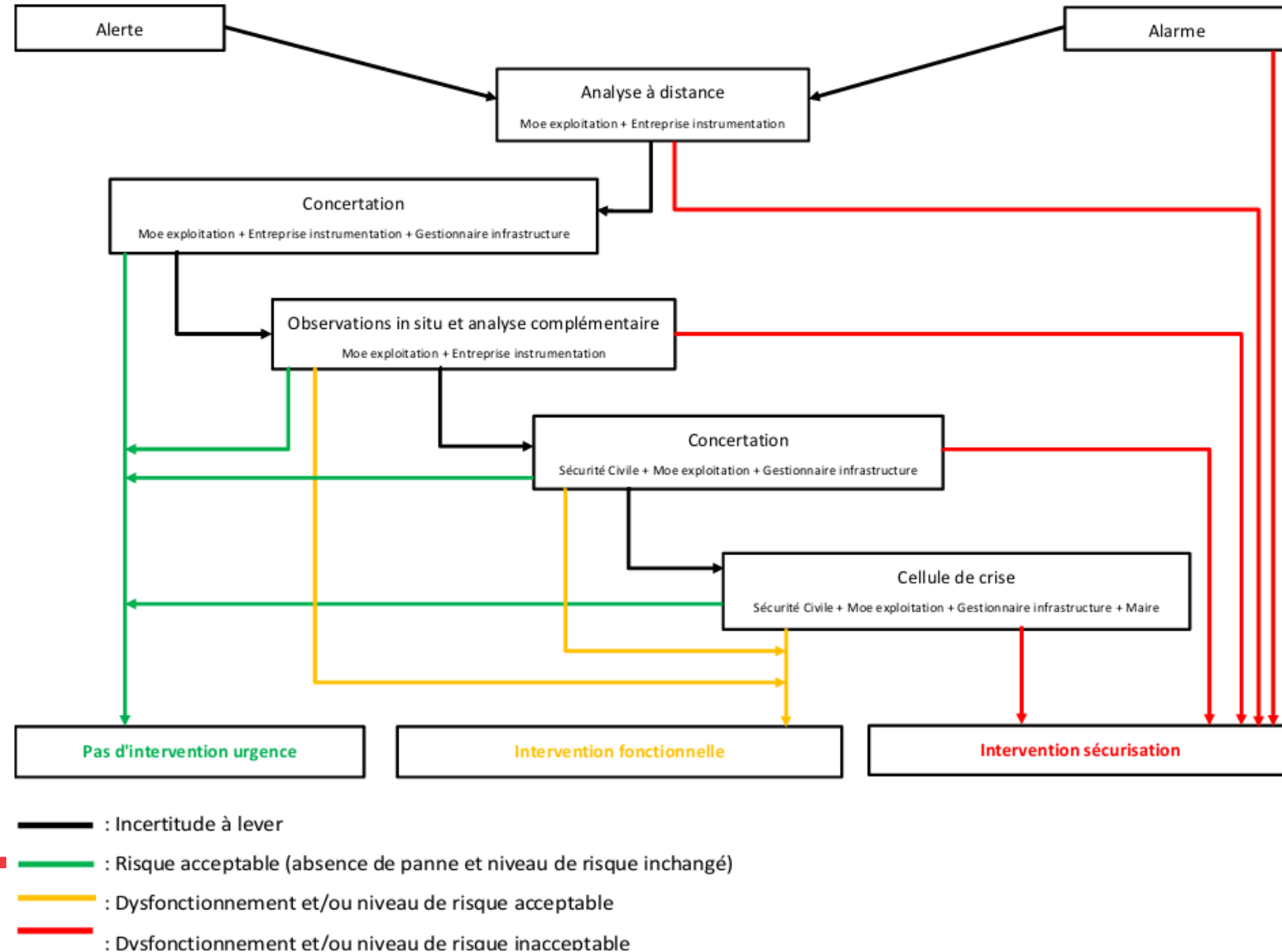
Cahier des charges

Rôles des intervenants, mise en œuvre (préparation, installation, contrôle et réception)

Exploitation

- Définition des types d'alerte et alarmes (fonctionnelles ou opérationnelles)
- Condition de déclenchement
- Gestion de la crise et de fin de la crise
- Maintenance (préventive et corrective)
- Evolutions du système dont l'arrêt possible de la surveillance

Organigramme de prise de décision



Glossaire



Participants

Groupe de travail et de rédaction :

- Lucas Meignan (Géolithe)
- Pierre Serbource (Myotis)
- Clara Levy (BRGM)
- Etienne Serpollet (CD73)
- Fabrice Guyoton (Géolithe)
- Thomas Mauroux (Sites)
- Laurent Dubois (Cerema)
- Jeremie Maridet (SNCF Réseau)
- Valentin Le Bidan Thomas De St Mars (CD38)
- Agathe Toquard (Nice Cote d'Azur)

Groupe de relecture interne :

- Jacques Martin (Egis)
- Marie Aurélie Chanut (Cerema)
- Bastien Colas (BRGM)

Groupe de relecture externe :

- Géraldine Crespin (MTPM)
- Emmanuelle Klein (INERIS)



- Surveillance des ouvrages de protection/des chantiers, détection d'impacts, etc. Ajout de parties spécifiques dans chaque chapitre du document.
- Performances des nouvelles technologies (IA) pour l'analyse des données.
- Plus spécifique sur les recommandations de conception en fonction de la phase du phénomène/type de phénomène/type de surveillance.
- Vérifier la liste des capteurs possibles et des usages, recommandations pour la conception de systèmes de sécurisation.
- Recommandations pour le traitement de la donnée,
- Définition de critères de détection de changement, définition de critères de déclenchement de vigilance, d'alerte ou d'alarme.
- Hiérarchisation des niveaux d'information.
- Méthodes de détection de changements réversibles/irréversibles (liés à de l'endommagement), prise en compte de l'historique.



MERCI DE VOTRE ATTENTION

