

# Directive sur l'homologation de filets de protection contre les chutes de pierres



Office fédéral de l'environnement,  
des forêts et du paysage (OFEFP)



**Directive sur  
l'homologation de  
filets de protection  
contre les chutes  
de pierres**

Auteur: Werner Gerber

**Publié par l'Office fédéral de  
l'environnement, des forêts et du  
paysage (OFEFP) et de l'Institut  
fédéral de recherches WSL  
Berne, 2001**

### **Valeur juridique de cette publication**

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEFP en tant qu'autorité de surveillance, et qui s'adresse en premier lieu aux autorités d'exécution. Elle concrétise des notions juridiques indéterminées de lois et d'ordonnances et doit permettre ainsi une pratique d'exécution uniforme. L'OFEFP publie de telles aides à l'exécution (souvent appelées aussi directives, instructions, recommandations, manuels, aides pratiques, etc.) dans sa collection « L'environnement pratique ».

Les aides à l'exécution garantissent dans une grande mesure l'égalité devant la loi et la sécurité du droit tout en permettant de trouver des solutions flexibles et adaptées aux cas particuliers. Si les autorités d'exécution les prennent en considération, elles peuvent partir du principe qu'elles se conforment au droit fédéral. D'autres solutions ne sont pas exclues; selon la jurisprudence, il faut cependant prouver qu'elles sont conformes au droit.

### **Editeur**

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Institut fédéral de recherches WSL

### **Mandataire**

Commission fédérale d'experts en avalanches et en chutes de pierres (CEAC)

### **Auteur**

Werner Gerber, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf

### **Référence**

GERBER, W. 2001: Directive sur l'homologation des filets de protection contre les chutes de pierres. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Institut fédéral de recherches WSL. Berne, 39 pages.

### **Conseiller OFEFP**

Reto Baumann, Direction fédérale des forêts, Berne

### **Membres du groupe de travail**

R. Baumann, président de la CEAC, Direction fédérale des forêts, OFEFP, 3003 Berne  
H. Buri, membre de la CEAC, Amt für Wald des Kantons Bern (KAWA), Schloss 5, 3800 Interlaken  
W. Gerber, membre de la CEAC, division Mouvement des eaux, des terres et des roches, WSL, 8903 Birmensdorf  
B. Haller, GEOBRUGG Fatzer AG, Salmsacherstr. 9, 8590 Romanshorn  
R. Honegger, membre de la CEAC, Section CFF, Office fédéral des transports (OFT), 3003 Berne  
R. Kaufmann, membre de la CEAC, Strasseninspektorat OW, 6061 Sarnen  
R. Testi, Isofer AG, Industriequartier, 8934 Knonau  
M. Toniolo, Isofer AG, Industriequartier, 8934 Knonau  
S. Wartmann, GEOBRUGG Fatzer AG, Salmsacherstr. 9, 8590 Romanshorn

### **Traduction**

Brigitte Corboz, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf

### **Graphisme, mise en page**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

### **Couverture**

Dispositif d'essai de Walenstadt avec grue et filets de protection

### **Commande**

OFEFP  
Documentation  
CH-3003 Bern  
Fax + 41 (0) 31 324 02 16  
E-Mail: docu@buwal.admin.ch  
Internet: www.buwalshop.ch

### **Numéro de commande**

VU-7509-F

© OFEFP 2001

## Table de matière

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>6 Homologation</b>	<b>23</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>7</b>	6.1 Déroulement administratif	23
<b>1 Introduction</b>	<b>9</b>	6.2 Exigences auxquelles doivent répondre les filets de protection	24
<b>2 But de la directive</b>	<b>10</b>	6.2.1 Principes	24
<b>3 Délimitation</b>	<b>11</b>	6.3 Dispositif d'essais de Walenstadt	24
3.1 Domaine de validité	11	6.3.1 Situation géographique	24
3.2 Autres mesures de protection	11	6.3.2 Montage des filets de protection	25
3.3 Autres normes et directives	11	6.4 Examens partiels	26
<b>4 Tâches des spécialistes impliqués</b>	<b>13</b>	6.4.1 Examen préalable a) avec de petites énergies: (section de bordure)	27
4.1 Généralités	13	6.4.2 Examen préalable b) avec une énergie à 50%: (section médiane)	27
4.2 Le maître de l'ouvrage	13	6.4.3 Examen principal c) avec une énergie à 100% (section médiane)	28
4.3 Le spécialiste	13	6.4.4 Évaluation d) du filet de protection selon des critères spécifiques	28
4.4 L'auteur du projet	14	6.5 Rapport d'examen	31
4.5 Le fournisseur	14	6.6 Coûts de l'examen	31
4.6 L'entrepreneur	14	<b>7 Fondation</b>	<b>32</b>
4.7 Les autorités	15	7.1 Exigences	32
4.8 La commission et l'institut de recherche	15	7.2 Type de fondations et d'ancrages	32
<b>5 Définitions et terminologie</b>	<b>16</b>	7.2.1 Fondations des piliers	32
5.1 Organisations	16	7.2.2 Ancrage des câbles	32
5.2 Définitions générales sur les chutes de pierres	16	7.3 Dimensionnement des fondations et des ancrages	33
5.3 Définitions concernant les filets de protection	17	7.3.1 Facteur de sécurité	33
5.4 Définitions concernant le déroulement de l'examen	20	7.3.2 Sécurité et aptitude au service	33
5.5 Terminologie	22	7.4 Mortier d'ancrage	34
		7.4.1 Généralités	34
		7.4.2 Examen d'aptitude	34
		7.4.3 Examen de la conformité	34
		<b>8 Entrée en vigueur</b>	<b>36</b>
		<b>9 Dispositions transitoires</b>	<b>37</b>
		<b>Index</b>	<b>39</b>
		Liste des figures	39
		Liste des tableaux	39



# Abstracts

Keywords:  
approval, rockfall, protective nets, guideline, natural hazard, rockfall protection kit

For protective nets against rockfall to be compared objectively, they must be subjected to the crash test. The present guideline specifies the procedure for the approval and describes the test criteria, the testing methods and requirements which must be met by the nets. It is an aid to clients, authors of projects, suppliers and producers of protective nets, building contractors and authorities.

Stichwörter:  
Typenprüfung, Steinschlag, Schutznetze, Richtlinie, Naturgefahr

Um Schutznetze gegen Steinschlag objektiv vergleichen zu können, müssen sie im Crash-Test überprüft werden. Die vorliegende Richtlinie regelt den Ablauf der Typenprüfung und beschreibt die Prüfkriterien, die Prüfmethode sowie die Anforderungen an die Netze, welche erfüllt sein müssen. Sie ist eine Hilfe für Bauherren, Projektverfasser, Lieferanten bzw. Hersteller von Schutznetzen, Bauunternehmer und Behörden.

Mots-clés:  
Homologation, chute de pierres, filets de protection, directive, danger naturel

Pour que les filets de protection contre les chutes de pierres puissent être comparés de manière objective, il faut qu'ils soient soumis au crash test. La présente directive règle le déroulement de l'homologation et décrit les critères et les méthodes d'examen ainsi que les exigences auxquelles doivent satisfaire les filets. Elle constitue une aide pour les maîtres d'œuvre, les auteurs de projets, les fournisseurs et les fabricants de filets de protection, les entrepreneurs et les autorités.

Parole chiave:  
Procedura di omologazione, caduta di sassi, reti di protezione paramassi, direttiva, pericolo naturale

Per dare una valutazione oggettiva delle reti di protezione paramassi è necessario collaudarle. La presente direttiva regola la procedura di omologazione e descrive i criteri e i metodi di valutazione, nonché le esigenze che tali reti devono soddisfare. La direttiva è destinata ai committenti, ai progettisti, ai fornitori o ai fabbricanti delle reti, alle imprese edilizie e alle autorità.





# Avant-propos

Lorsque la fonction protectrice d'une forêt ne permet pas (plus) de satisfaire aux exigences de notre civilisation moderne en matière de sécurité, il faut faire appel à la technique. C'est pourquoi, depuis de nombreuses années, des filets de protection contre les chutes de pierres complètent la fonction protectrice des forêts ou la remplacent là où il n'y a pas de forêt.

Ces dix dernières années, la recherche et le développement de tels filets ont été intensifiés. Une étroite collaboration entre l'institut fédéral de recherche WSL et les producteurs ont permis de mettre au point de nouveaux systèmes de protection. L'absorption d'énergie par les filets – facteur essentiel – a pu être multipliée par 10. C'est pourquoi les acheteurs de ces systèmes de protection se sont vus de plus en plus confrontés à de nouveaux produits. Une évaluation de l'efficacité des filets se basant sur les seuls plans de l'ouvrage n'est pas possible car, pour le moment, les calculs ne permettent pas d'apporter la preuve de l'efficacité. Bien que certains producteurs aient pu produire des résultats de tests, les différents types d'ouvrages n'étaient pas comparables, ce qui désécurisait les acheteurs. Des enquêtes menées en 1997 et 1998 auprès d'experts ont montré qu'il fallait absolument prendre des mesures. Un examen des filets de protection, neutre et objectif, était demandé.

Le projet a démarré au début de l'année 1999, après une étude de faisabilité. Une procédure d'homologation stricte mais juste a été mise au point avec la collaboration de l'industrie, de la recherche et de différents services de l'administration. Ses principaux éléments sont le nouveau dispositif de test de Lochezen à Walenstadt/SG et la présente directive fédérale. Les homologations ont démarré le 31 mai 2001 avec la mise en service de cette installation, première du genre en Europe.

Les responsables de la sécurité dans les communes, dans les cantons, dans les chemins de fer et sur les routes ont désormais à leur disposition une aide à la décision utile. Elle leur permet de trouver la meilleure solution en cas de problèmes de chutes de pierres.

Pour mettre au point cette homologation, des entreprises concurrentes et de nombreux services cantonaux et fédéraux ont dû collaborer étroitement, ce qui ne va pas de soi. Mais le résultat est là: un produit qui constitue un élément essentiel de la prévention des dangers naturels et qui complète de manière optimale la fonction protectrice de la forêt. Nous tenons à remercier le groupe de travail qui a élaboré la présente directive, car il a fait preuve de motivation et d'endurance.

OFEFP  
Office fédéral de  
l'environnement,  
des forêts et du paysage

*Le directeur fédéral  
des forêts:*  
W. Schärer

WSL  
Institut fédéral de recherche,  
Département dangers  
naturels

*Le chef  
de département:*  
W. Ammann

CEAC  
Commission fédérale  
d'experts en avalanches  
et chutes de pierres

*Le président:*  
R. Baumann



# 1 Introduction

A l'heure actuelle, l'importance de la protection contre les chutes de pierres augmente fortement en Suisse. Ces dernières années, de plus en plus de filets de protection contre les chutes de pierres et de blocs ont été installés le long des axes de circulation et pour protéger les agglomérations. Ces mesures de protection ont en même temps été marquées par un fort développement technique. Leur capacité à réduire l'énergie a été multipliée par un facteur supérieur à dix. Il est toutefois difficile d'apprécier et de comparer la qualité et la puissance des différents produits offerts sur le marché. Des calculs analogues à ceux qui sont faits pour les ouvrages paravalanches ne sont actuellement pas réalisables. Dans cette situation, les autorités compétentes et les spécialistes devaient acheter des filets de protection sans connaître leurs propriétés exactes. L'introduction d'une homologation, par laquelle les différents produits sont soumis à un test sévère sur le terrain, permet de mettre à la disposition des responsables une importante base de décision. Les différents produits deviennent comparables. Les institutions chargées de cette homologation garantissent une appréciation objective et indépendante.

La présente directive définit une procédure d'examen standardisée. Elle fixe aussi des valeurs limites auxquelles les produits examinés doivent correspondre. Cependant, la directive va au-delà de la simple procédure d'examen. Elle comprend également des explications qui facilitent la compréhension générale et qui donnent le contexte dans lequel ces examens sont faits.

Les directives sont édictées sur la base de l'article 39, alinéa 3, de l'ordonnance sur les forêts (OFo). Elles servent à l'application uniforme du droit et à l'interprétation de l'article 39 OFo. Les autorités d'exécution qui appliquent les aides à l'exécution ont la certitude de se comporter conformément aux prescriptions. En revanche, si elles s'en écartent, elles encourent le risque de ne pas pouvoir apporter aux autorités fédérales la preuve qu'avec la solution choisie, elles ont opté pour une exécution conforme au droit.

L'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage a dressé une liste des filets homologués. Cette liste est continuellement mise à jour et publiée à l'adresse suivante: <http://www.buwal.ch/forst/sn/f/typenliste.htm>.

## 2 But de la directive

Les effets de chutes de pierres sur des filets de protection sont multiples. Des facteurs souvent inconnus apparaissent. Ils ne peuvent être complètement éliminés malgré des observations et des mesures précises. L'utilisateur de la directive doit savoir qu'elle leur impose de grandes exigences.

La directive doit réaliser les objectifs généraux suivants:

- réglementation du déroulement de l'homologation.
- création d'une base qui permette de faire une comparaison objective entre des filets de protection différents, mais de même classe d'énergie.
- amélioration de l'effet des filets de protection.
- aide pour les responsables lors de l'étude du projet, la construction et l'entretien de mesures de protection.
- élaboration de bases pour le subventionnement des filets de protection.

La directive complète en particulier la norme SIA 160 « Actions sur les structures porteuses » ainsi que la directive « Actions sur les galeries de protection contre les chutes de pierres » de l'OFROU/CFF, édition 1998.

# 3 Délimitation

## 3.1 Domaine de validité

La présente directive concerne uniquement les mesures de protection consistant en filets conçus pour intercepter des chutes de pierres ou de blocs. Ces mesures doivent être assimilées à la protection active contre les chutes de pierres.

Les objets à protéger peuvent être des routes, des voies de chemin de fer, des chemins, des bâtiments, des infrastructures, etc. Il est évident que ce sont surtout les pouvoirs publics qui entrent en ligne de compte en tant qu'utilisateurs. En outre, des propriétaires et des bénéficiaires d'installations menacées peuvent également être concernés par cette problématique.

L'homologation est prévue pour les filets de protection implantés en Suisse et subventionnés par les pouvoirs publics.

## 3.2 Autres mesures de protection

En fonction des conditions locales, du degré de danger et des événements potentiels, d'autres mesures peuvent également être adoptées pour la protection active contre les chutes de pierres.

Il s'agit notamment de:

- clôtures en maille d'acier;
- palissades en bois ou en acier;
- murs de pierres;
- digues en terre;
- galeries en béton;
- tunnel.

Des systèmes d'alarme de divers types offrent une autre possibilité de garantir une protection contre les chutes de pierres. Ces autres mesures de protection ne font pas l'objet de l'homologation.

## 3.3 Autres normes et directives

- SIA, norme 118 « Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction »
- SIA, norme 160, « Actions sur les structures porteuses »
- SIA, norme 161 « Constructions métalliques »
- SIA, norme 162 « Ouvrages en béton »
- SIA, norme 191 « Tirants d'ancrages précontraints »
- SIA, Cahier technique 2010 Tirants passifs en sol meuble et en rocher
- OFROU, Directive « Tirants d'ancrage »

- Directives pour la construction d'ouvrages par avalanches dans la zone de décrochement. Edition 1990 complétée en 2000, OFEFP et WSL
- Directive « Action sur les galeries de protection contre les chutes de pierres », édition 1998, OFROU/CFF
- Documentation « Planification, construction et maintenance de galeries de protection contre les chutes de pierres et action d'avalanches », édition 1998, OFROU/CFF
- AFNOR, norme française, « Equipement de protection contre les éboulements », décembre 1996
- GEAM, directive italienne pour le classement et la réception technique d'ouvrages en filets contre les chutes de pierres (projet)

Par ailleurs, les normes susmentionnées doivent être appliquées pour les matériaux utilisés, leur traitement ainsi que pour les types de travail (en particulier les ancrages).

La recommandation SIA, V104/2-5, édition 1999 (document de travail dans un processus de mise à l'enquête prolongée): aide pour des appels d'offres et mises en soumission dans les secteurs forêt et dangers naturels.

## 4 Tâches des spécialistes impliqués

### 4.1 Généralités

Les chutes de pierres peuvent être la conséquence d'un processus d'érosion naturel (périodes de gel et de dégel, pressions radiculaires, etc.) ou apparaître à la suite de secousses (tremblements de terre, explosions). Le caractère imprévisible du moment, de l'endroit et de la dimension de l'événement est souvent commun aux chutes de pierres. La tâche des spécialistes est de choisir entre des observations de contrôle sporadiques ou continues, des systèmes d'alarme, des filets de protection, des palissades, des digues ou des galeries. Les concepts de mesures doivent permettre une solution intégrale du problème. Généralement, une procédure en plusieurs étapes est nécessaire.

Au niveau de l'étude préliminaire, toute la palette de mesures doit encore être traitée (variantes). Lors de l'avant-projet et du projet de détail ont lieu le traitement et la concrétisation d'un concept de mesures.

### 4.2 Le maître de l'ouvrage

Le maître de l'ouvrage fixe les objectifs de protection et l'utilisation, c'est-à-dire qu'il fournit les bases pour le plan d'utilisation. Au besoin, il les adapte aux moyens techniques et économiques disponibles, sur la base du concept défini par l'auteur du projet et par les autorités. Il s'occupe d'obtenir les documents nécessaires.

### 4.3 Le spécialiste

Le spécialiste conseille le maître de l'ouvrage sur les risques de chutes de pierres et de blocs. Il apprécie les processus et les conséquences possibles. Il définit l'espace dans lequel le processus se déroule et établit la portée, les dimensions, la vitesse, l'énergie, la hauteur et la longueur du rebond lors des différents événements possibles. Il évalue la probabilité respectivement la période de retour des différents événements possibles. Il s'agit en outre de définir le potentiel des dégâts pouvant être causés à des biens et à des personnes et de mettre en évidence le déficit existant en matière de protection. L'expert conseille le maître de l'ouvrage sur les ouvrages de protection possibles et, selon la situation, signale les risques résiduels et les limites de l'effet des filets de protection, c'est-à-dire qu'il fournit les bases pour le plan de sécurité.

#### **4.4 L'auteur du projet**

L'auteur du projet

- détermine le concept des mesures et conseille le maître de l'ouvrage avec le soutien de l'expert;
- informe sur les adaptations nécessaires des objectifs de protection et sur les risques résiduels;
- fournit les plans de sécurité et d'affectation;
- justifie la décision du choix d'un filet contre les chutes de pierres plutôt que d'autres mesures;
- désigne le filet de protection définitif;
- calcule les charges statiques de remplacement compte tenu de l'homologation;
- prouve la résistance des fondations et des ancrages ainsi que leur aptitude au service;
- complète le projet avec des mesures d'accompagnement, telles que reboisement, digues de protection, dynamitage de blocs, etc.;
- décrit les accès au chantier;
- conseille le maître de l'ouvrage lors de l'établissement d'un plan d'entretien et de surveillance;
- détermine les coûts pour le projet et l'entretien;
- fournit un rapport complet avec la documentation nécessaire.

#### **4.5 Le fournisseur**

Le fournisseur livre tous les documents nécessaires pour la construction et le maintien de l'ouvrage offert. Il remettra en particulier:

- le rapport d'homologation, respectivement le certificat d'acceptation de l'ouvrage;
- les indications des forces d'ancrage et des fondations;
- les certificats de contrôle des différentes composantes comme la protection contre la corrosion, les essais de traction, etc.

#### **4.6 L'entrepreneur**

La responsabilité de l'entrepreneur est régie par la norme SIA 118.



## **4.7 Les autorités**

Les autorités fédérales édictent les directives et les recommandations nécessaires dans le cadre de leur mandat légal. Elles décident de l'admission des filets de protection examinés.

Les autorités cantonales sont responsables de la mise en œuvre des directives et des recommandations ainsi que de l'utilisation des listes des filets homologués.

Les autorités fédérales et cantonales peuvent conseiller le maître de l'ouvrage et l'auteur du projet. Elles représentent l'intérêt public, en particulier lors de la fixation des objectifs de protection et du concept de mesures. Elles décident du subventionnement de mesures de protection et donnent les autorisations et les approbations nécessaires.

## **4.8 La commission et l'institut de recherche**

La Commission fédérale d'experts en avalanches et chutes de pierres (CEAC) et l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP) prodiguent des conseils lors de questions de principe ou de détails. Ils procèdent ensemble à l'homologation des types de filets de protection contre les chutes de pierres (cf. déroulement administratif).

# 5 Définitions et terminologie

## 5.1 Organisations

CEAC	Commission fédérale d'experts en avalanches et chutes de pierres
D + F	Direction fédérale des forêts
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
ENA	Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, Davos
FNP	Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, Birmensdorf
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne
OFROU	Office fédéral des routes, Berne
OFT	Office fédéral des transports, Berne

## 5.2 Définitions générales sur les chutes de pierres

Chute de pierres, chutes de blocs	Chute, rebondissement et roulement de pierres individuelles ( $\varnothing < 50$ cm) et de blocs ( $\varnothing > 50$ cm), dont le volume total est inférieur à $100 \text{ m}^3$ .
Eboulement	Chute d'une masse rocheuse qui se fractionne durant la chute et lors de l'impact en blocs et pierres, et dont l'interaction entre les composantes n'a pas d'influence majeure sur la dynamique du processus.
Ecrolement	Effondrement de très grandes masses rocheuses, plus ou moins cohérentes dans leur unité rocheuse originale, atteignant de grandes vitesses, et dont la mécanique de transport est marquée par une forte interaction entre les composantes.
Mesure active	Mesure de protection qui agit activement contre le phénomène naturel pour réduire le danger ou modifier largement la probabilité d'occurrence (p. ex. filets de protection, revêtements de rochers par des filets).
Mesure passive	Mesure préventive qui doit conduire à une réduction des dommages sans influencer activement le déroulement du phénomène naturel (p. ex. mesures d'aménagement du territoire).

Événement normal	Par événement normal, on entend la chute de pierres dont l'intensité correspond à une période de retour d'environ 30 années. L'événement normal est défini en général sur la base des blocs et traces observés sur le terrain.
Événement inhabituel	L'événement inhabituel décrit la chute de pierres extrêmement rare, statistiquement difficile à recenser et d'une forte intensité.

### 5.3 Définitions concernant les filets de protection

Ces définitions sont illustrées dans les figures 1, 2 et 3

Filet de protection	Construction comprenant les filets proprement dits, les piliers et les câbles.
Filets	Éléments porteurs bidimensionnels. Types de filets: filets à mailles diagonales, filets à mailles orthogonales, à système flex et filets à anneaux.
Câble porteur	Élément porteur destiné à transférer les forces sur les piliers, les plaques de base et les câbles de retenue.
Piliers	Partie de la construction qui supporte les câbles porteurs et les filets. Types de piliers: pilier central, pilier de bord, pilier auxiliaire. Matériaux: acier HEA, HEB, RHS, ROR. Bois rond.
Câbles de retenue	Câbles amont destinés à transférer à l'ancrage les forces agissant sur la tête de pilier.
Haubans	Câbles servant à fixer latéralement les piliers de bord.
Éléments de freinage	Éléments sur les câbles qui absorbent de l'énergie.
Plaque de base	Partie de la construction servant à fixer aux fondations le pilier et éventuellement les câbles porteurs inférieurs.
Support maillé	Treillis métallique fixé en amont du filet
Ancrage	Élément porteur destiné à transférer au sol les forces agissant sur les câbles et les piliers. Types d'ancrages: à tiges, à câbles
Espacement des piliers	Distance <i>as</i> entre deux piliers.

Figure 1:  
 Vue schématique d'un filet de protection à ancrage amont avec indication des éléments porteurs.

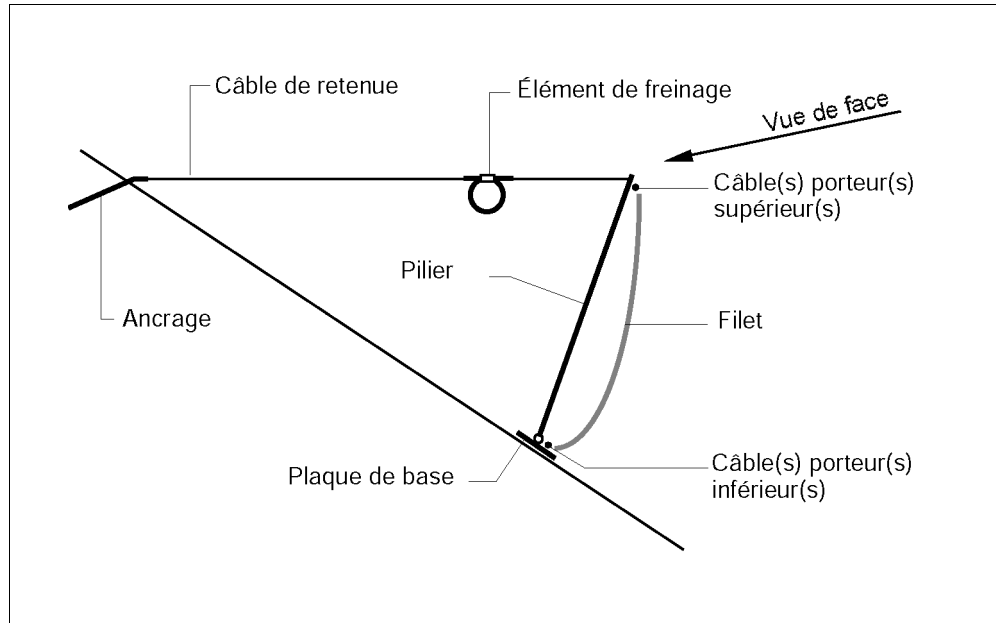
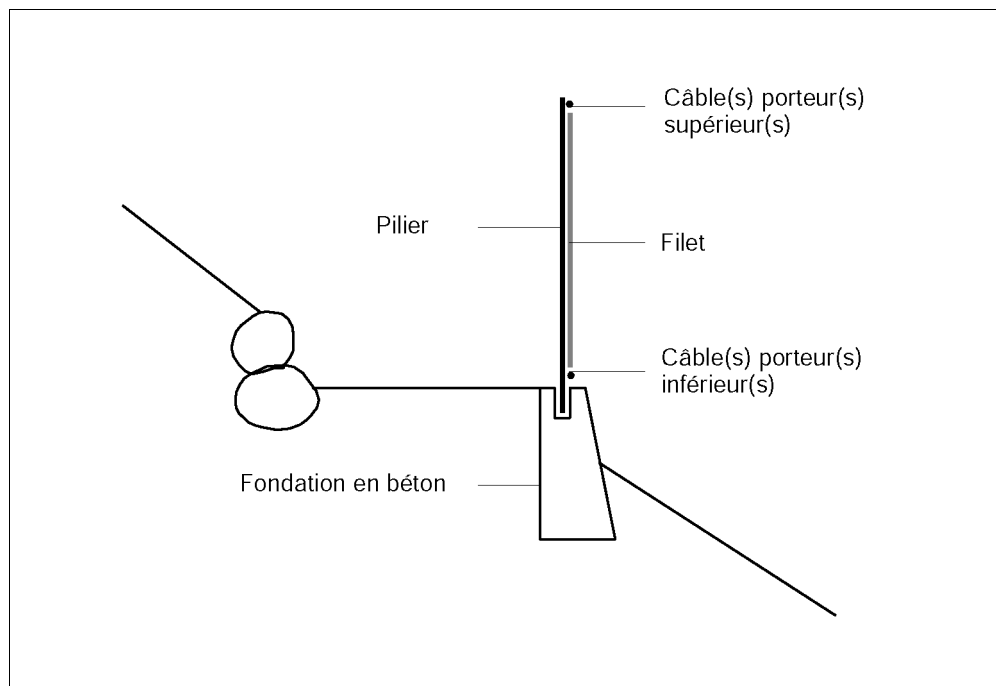


Figure 2:  
 Vue schématique d'un filet de protection à pilier encastré.



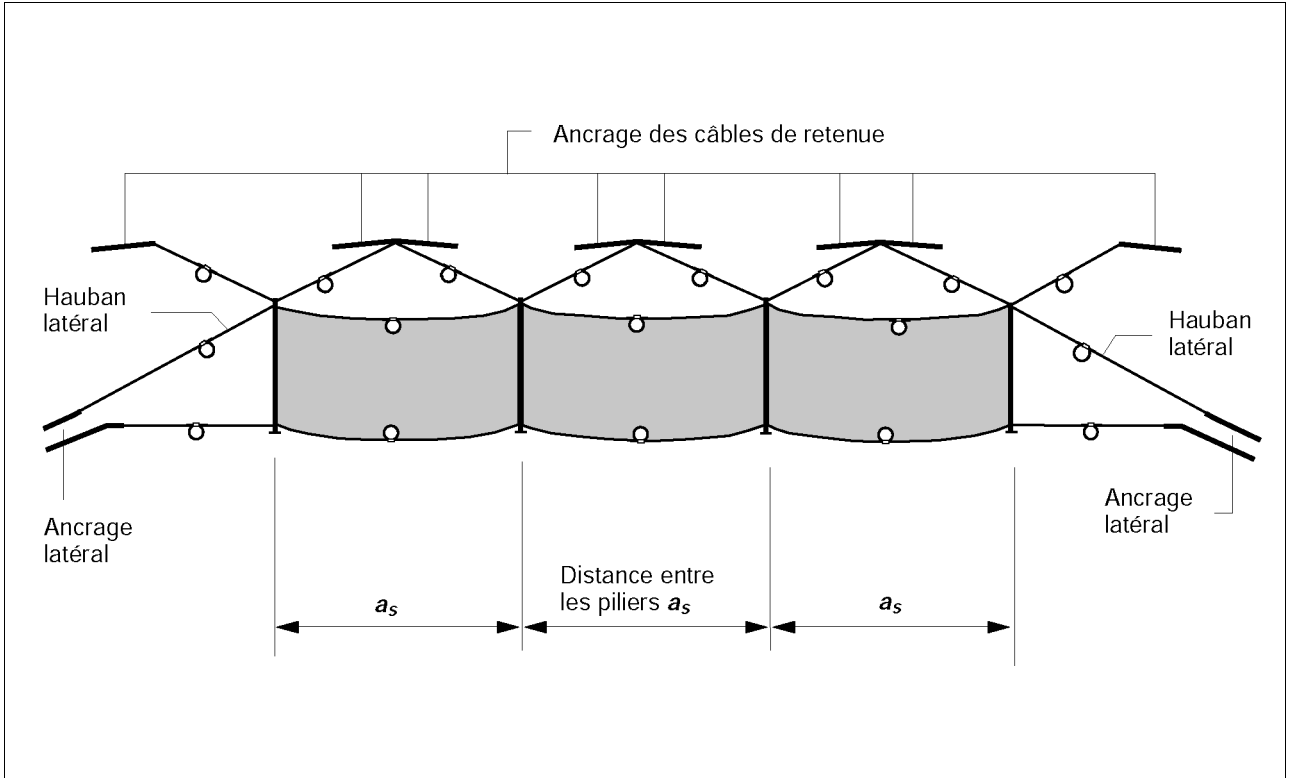


Figure 3: Vue schématique de face avec indication des éléments porteurs.

## 5.4 Définitions concernant le déroulement de l'examen

Absorption	L'absorption du filet de protection correspond à la distance de freinage $bs$ du projectile jusqu'au point de retour de la trajectoire (Figure 9).
Classe d'énergie	Répartition des filets de protection en 9 classes d'énergie correspondant à l'énergie d'essai (Tableau 2).
Énergie d'essai	Énergie cinétique du projectile qui tombe au moment de son premier contact avec le filet (à l'examen principal c) 100%).
Demi-énergie d'essai	Énergie cinétique du projectile à son premier contact avec le filet (à l'examen partiel b) 50%)
Hauteur du filet	Hauteur $h_v$ du filet mesurée au milieu de la section et perpendiculairement à la surface du sol, avant la chute d'un projectile (Figure 4)
Hauteur efficace résiduelle	Hauteur $hn$ du filet mesurée au milieu de la section et perpendiculairement à la surface du sol, après la chute d'un projectile (Figure 5)
Projectile	Bloc de béton cubique aux côtés égaux $s$ et dont les coins sont aplatis sur un tiers du côté (Figure 10).

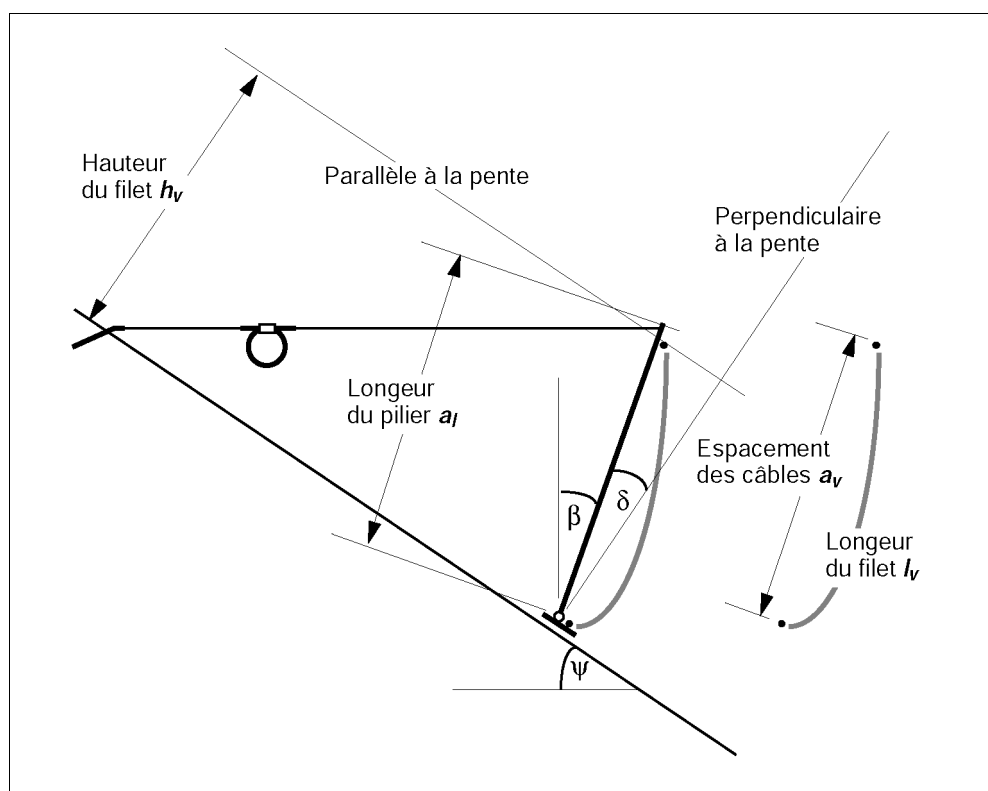


Figure 4:  
Indications des angles et  
mesures.

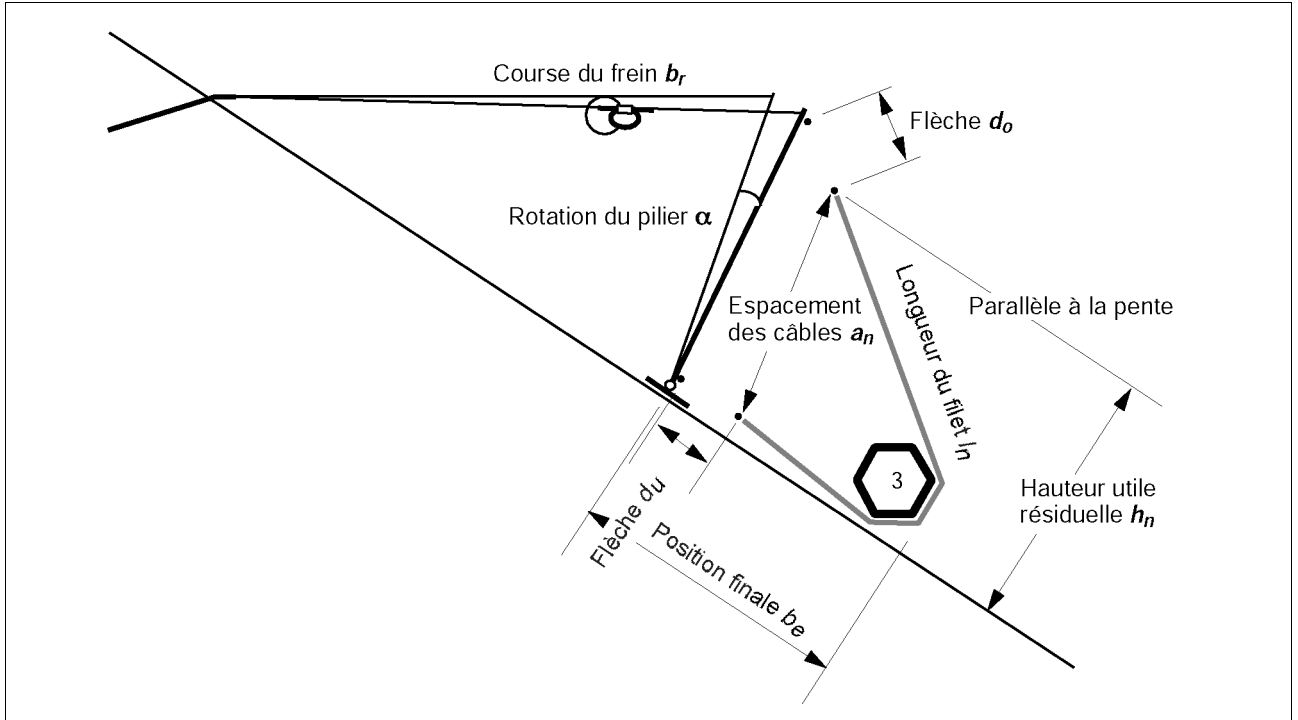


Figure 5: Position des câbles porteurs après la chute d'un projectile.

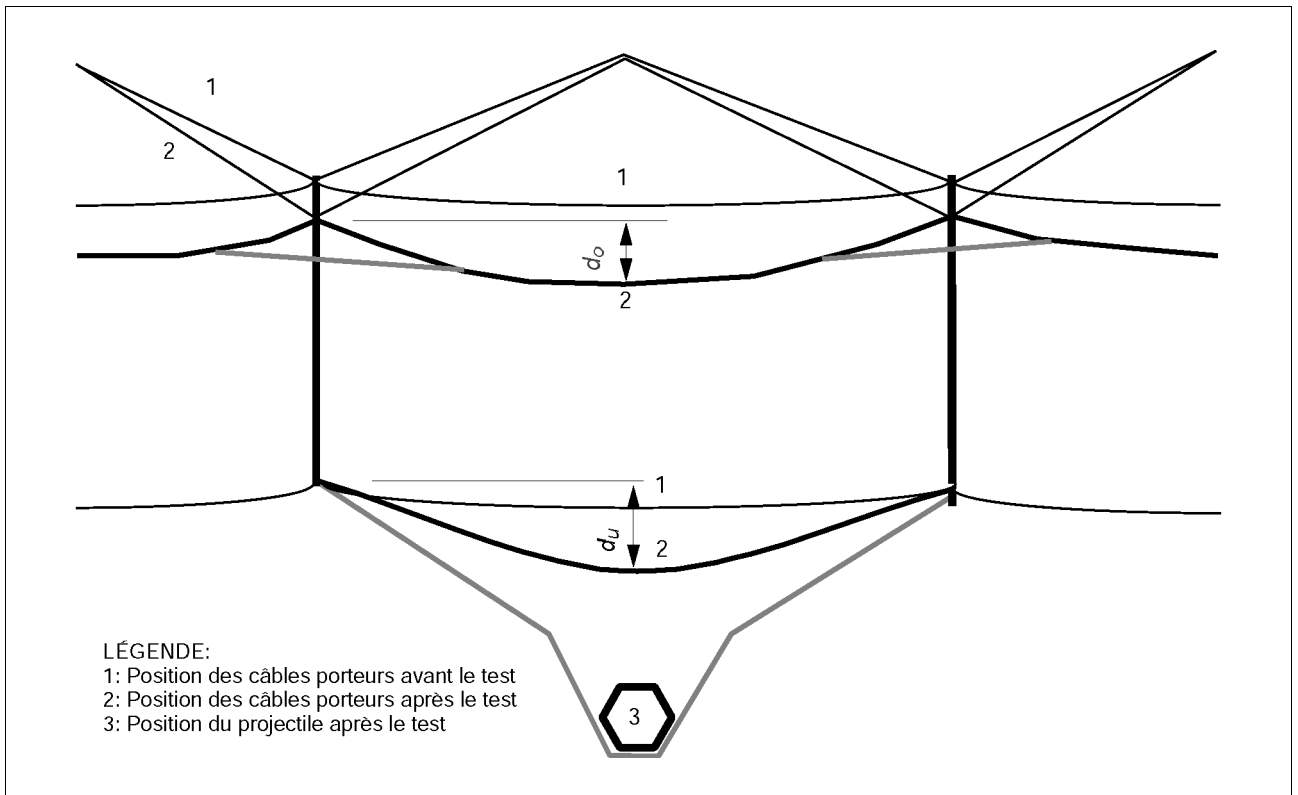


Figure 6: Vue de face des câbles porteurs au milieu de la section après la chute d'un projectile.

## 5.5 Terminologie

Ces définitions sont illustrées en grande partie dans les figures 4, 5 et 6.

- $\alpha$  (deg) Rotation du pilier = différence d'inclinaison du pilier sous l'effet de la charge
- $\beta$  (deg) Angle entre le pilier et la verticale
- $\delta$  (deg) Angle entre le pilier et le plan perpendiculaire à la pente
- $\psi$  (deg) Déclivité
- $a_l$  (m) Longueur des piliers
- $a_n$  (m) Espacement des câbles = distance minimale entre les câbles porteurs supérieurs et inférieurs après la chute d'un projectile
- $a_s$  (m) Distance entre les piliers
- $a_v$  (m) Espacement des câbles = Distance minimale entre les câbles porteurs supérieurs et inférieurs avant la chute d'un projectile
- $b_e$  (m) Position finale du projectile après sa chute
- $b_r$  (m) Course des freins = déformation longitudinale des éléments de freinage
- $b_s$  (m) Longueur de la trajectoire de freinage du projectile (mesurée sur images vidéo)
- $d_o$  (m) Flèche du câble porteur supérieur au milieu de la section
- $d_u$  (m) Flèche du câble porteur inférieur au milieu de la section
- $h_n$  (m) Hauteur utile résiduelle = hauteur du filet après la chute du projectile
- $h_v$  (m) Hauteur du filet mesurée perpendiculairement à la ligne de pente avant la chute du projectile
- $l_n$  (m) Longueur du filet entre les câbles porteurs supérieurs et inférieurs après la chute du projectile (en position finale)
- $l_s$  (m) Longueur du pilier
- $l_v$  (m) Longueur du filet entre les câbles porteurs supérieurs et inférieurs avant la chute du projectile
- $s$  (m) Longueur du côté du projectile d'essai
- $t_s$  (s) Temps de freinage = temps nécessaire pour parcourir la distance de freinage  $b_s$



# 6 Homologation

## 6.1 Déroutement administratif

C'est l'OFEFP qui coordonne les différentes étapes de l'homologation. L'office fédéral reçoit l'inscription des fabricants de filets de protection, met en route l'examen et établit le certificat de chaque ouvrage en particulier. La commission fédérale des experts en avalanches et chutes de pierres et le WSL procèdent à l'homologation. La gravière de « Lochezen » à Walenstadt SG est mise à disposition comme site d'essai. Le WSL dresse le protocole des mesures et des observations de chaque essai et établit un rapport.

Toutes les étapes de travail sont énumérées dans le tableau 1 et sont expliquées en détail.

Tableau 1:  
Déroutement administratif  
par étape

	<b>Responsables / participants</b>	<b>Étapes de travail</b>
1	<b>Fabricant; fournisseur</b>	Demande à l'OFEFP avec documentation
2	<b>OFEFP / D+F</b>	Enregistrement, confirmation d'entrée, orientation sur les coûts
3	<b>WSL</b>	Prise de connaissance des documents, organisation des essais
4	<b>Fabricant; fournisseur</b>	Paiement du dépôt
5	<b>WSL, fabricant, délégation CEAC</b>	Réalisation des essais
6	<b>WSL, délégation CEAC</b>	Rapport d'examen à l'att. de la CEAC
7	<b>CEAC</b>	Appréciation générale oui/non, demande à l'OFEFP, notice au fabricant dans un délai de 6 semaines après le test
8	<b>OFEFP / D+F; fabricant; fournisseur</b>	Décompte final avec le fabricant; fournisseur
9	<b>OFEFP</b>	Remise du certificat et du rapport d'examen, pour le début juin respectivement fin octobre.

1. Le fabricant, respectivement le fournisseur, d'un filet de protection envoie sa demande d'homologation à l'OFEFP. Il livre simultanément une documentation contenant tous les plans de construction et de détail nécessaires, toutes les données et spécifications sur les matériaux utilisés, en particulier le diagramme de force/chemin des éléments de freinage.
2. L'OFEFP enregistre l'inscription et la documentation et, en accord avec le WSL, oriente le fabricant sur la marche à suivre, les échéances et les coûts impliqués. L'Office fédéral ordonne simultanément le paiement du dépôt.
3. Le WSL étudie les documents, examine les conditions générales pour l'implantation de l'ouvrage sur le site du test et organise les essais.
4. Le fabricant paie le dépôt et est convoqué ensuite pour le montage du filet de protection.
5. Le WSL et une délégation de la CEAC procèdent aux essais avec les examens et les mesures et établissent le procès-verbal de chaque étape et des résultats.
6. Le WSL rédige un rapport sur les examens mesurables (examens a, b et c), la délégation de la CEAC établit un rapport sur les expertises (examen d).
7. La CEAC examine les résultats. Elle formule sa demande d'admission du filet de protection à l'attention de l'OFEFP et informe le fabricant.
8. L'OFEFP établit le décompte final.
9. L'OFEFP décide de l'admission du filet de protection. Il envoie le rapport d'examen et la certification au fabricant.

## **6.2 Exigences auxquelles doivent répondre les filets de protection**

### **6.2.1 Principes**

En principe, un filet de protection a pour fonction d'arrêter des pierres et des blocs en mouvement. Dans la nature, il arrive souvent que cela se fasse simultanément par un contact du projectile avec le sol pendant le freinage. Cela signifie que l'ouvrage de protection ne supprime qu'une partie de l'énergie cinétique de la pierre et que l'autre partie est absorbée par le sol.

Les filets de protection qui sont examinés selon cette directive doivent pouvoir absorber l'énergie cinétique totale d'un projectile tombant verticalement. L'énergie cinétique correspond à la classe énergétique respective. Les déformations élastiques et plastiques maximales de l'ouvrage ne peuvent pas dépasser une certaine mesure.

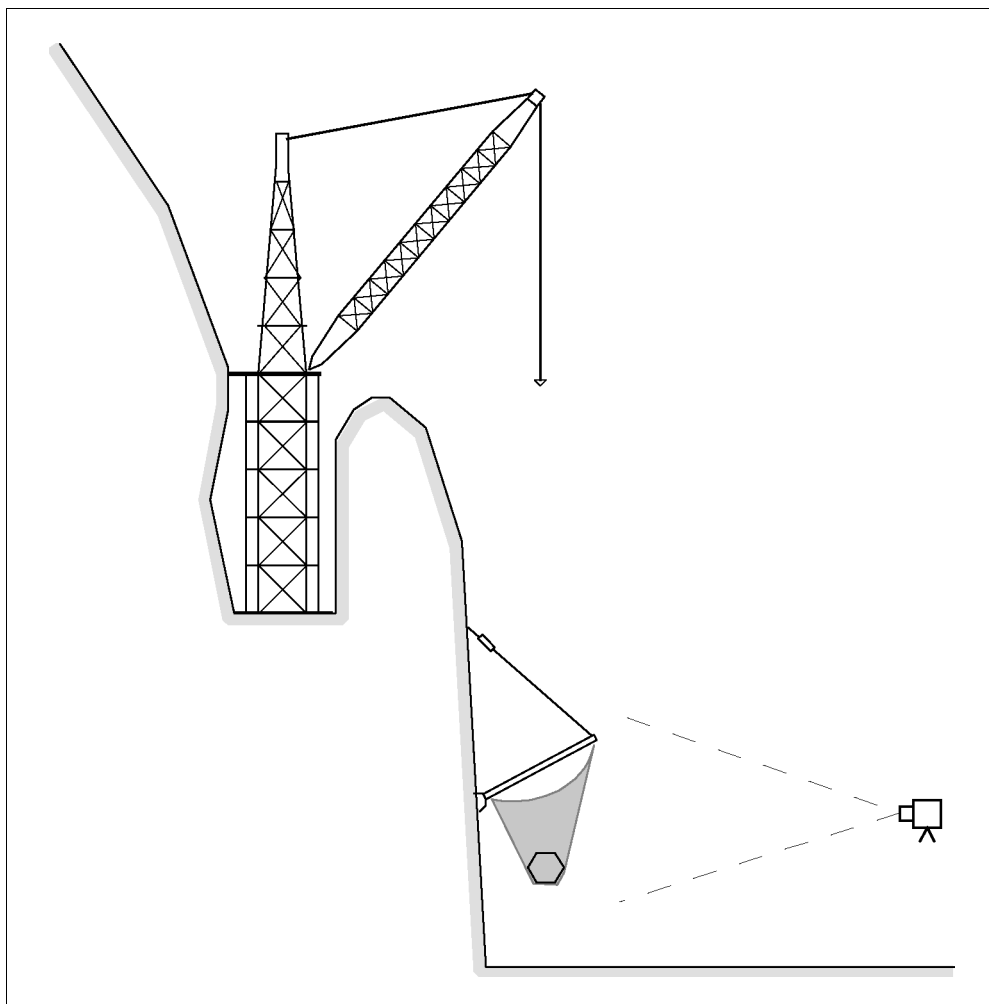
La surface résiduelle d'un filet de protection doit rester aussi grande que possible après un événement et ne peut être affectée que dans sa hauteur. Certaines conditions seront exigées en ce qui concerne la hauteur résiduelle de l'ouvrage. La largeur résiduelle, après un événement, ne doit pas comporter de discontinuité.

## **6.3 Dispositif d'essais de Walenstadt**

### **6.3.1 Situation géographique**

Le site de test se trouve dans la carrière Lochezen, environ 200 m au-dessus du Walensee. L'accès s'effectue par un funiculaire dont la station aval se trouve à environ 2 km à l'Ouest de Walenstadt. La station peut être atteinte par camion. Le montage des filets de protection sur le terrain se fait à l'aide de la grue fixe installée sur place (Figure 7).

Figure 7:  
Vue schématique du dispositif d'essai de Walenstadt avec la grue, le filet de protection et la caméra vidéo. Déformation du filet de protection après un test.



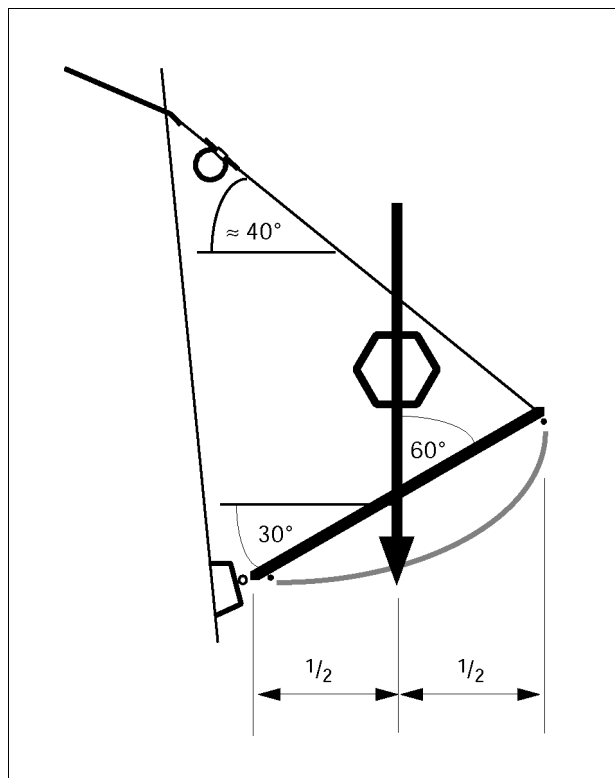
### 6.3.2 Montage des filets de protection

Les filets de protection sont assemblés à une hauteur de 15 m. Les piliers sont fixés à quatre points de fondation et assurés à la paroi rocheuse à l'aide de câbles. L'inclinaison du pilier par rapport à l'horizontale est de  $30^\circ$ , celle des câbles de retenue d'env.  $40^\circ$  (Figure 8).

L'ensemble des filets de protection se compose normalement de trois sections, la distance entre les piliers étant de 10 m. Quatre piliers seront donc montés et, entre eux, trois filets (Figure 3).

La longueur des piliers dépend de la classe d'énergie respective (tableau 2). Les tests se déroulent avec cette longueur de pilier minimale. Après avoir réussi l'examen, le fabricant est toutefois autorisé à proposer des piliers plus longs (jusqu'à 1,5 fois la longueur), mais la limite de charge de ces piliers doit être prouvée.

Figure 8:  
Disposition du filet de protection  
sur le site d'essai.  
Angles des éléments porteurs.



## 6.4 Examens partiels

Les filets de protection contre les chutes de pierres sont répartis en 9 classes d'énergie de 100 kJ à 5'000 kJ. Ces énergies sont désignées également comme énergie d'utilisation. Un ouvrage doit subir différents examens partiels de a) à d) (dans sa propre classe d'énergie). Lors des examens de a) à c), on procède à des essais isolés sur l'ouvrage au moyen de projectiles; l'examen d) consiste en une appréciation qualitative du filet de protection et de la documentation fournie.

Les chapitres suivants donnent une description séparée des examens de a) à d):

#### 6.4.1 Examen préalable a) avec de petites énergies: (section de bordure)

<b>But principal de cet examen</b>	Cet examen préalable doit, d'une part, tester les déformations de la structure portante du filet et, d'autre part, vérifier que, lors du jet de petits projectiles, seuls quelques câbles et anneaux sont sollicités.
<b>Façon de procéder</b>	<p>Les projectiles mentionnés ci-dessous sont lâchés ensemble, par classe de grandeur, dans une section de bordure avec une vitesse d'impact de 25 m/s.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 5 petits projectiles 10/10/10 cm    Masse totale 12 kg    Energie 3,8 kJ</li><li>• 3 petits projectiles 20/20 /20cm    Masse totale 59 kg    Energie 18 kJ</li><li>• 1 projectile* de 50/50/50 cm    Masse ≈ 300 kg    Energie 94 kJ</li></ul> <p>*Les filets de protection de la classe d'énergie 1 et 2 ne sont pas testés avec ces projectiles.</p>
<b>Méthode de mesure et d'observation</b>	<p>La déformation de la structure portante du filet et des câbles sollicités est mesurée et décrite par classe de grandeur des projectiles.</p> <p>Les dommages sur des câbles ou fils d'acier particuliers sont protocolés.</p> <p>Il n'y a pas de mesure de forces.</p>
<b>Exigences pour le filet de protection</b>	<p>Les projectiles doivent être freinés par le filet de protection.</p> <p>Il ne doit pas se produire de perforation.</p> <p>Il n'est pas autorisé de procéder à des travaux de réparation entre les jets.</p>

#### 6.4.2 Examen préalable b) avec une énergie à 50%: (section médiane)

<b>But principal de cet examen</b>	Cet examen teste la difficulté de réparation, la facilité d'entretien d'un filet de protection et la trajectoire de freinage pour une énergie à 50%.
<b>Façon de procéder</b>	Le projectile prévu pour cette énergie (tableau 2) est lâché pour qu'il ait une vitesse d'impact de 25 m/s au milieu de la section médiane.
<b>Méthode de mesure et d'observation</b>	<p>La position de chaque élément porteur est mesurée et protocolée avant le test.</p> <p>Les forces de traction dans les câbles sont mesurées et enregistrées sur env.10 points de fixation au cours de l'essai.</p> <p>L'essai est filmé depuis deux directions.</p> <p>Les données suivantes sont protocolées après le test:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• déformations des câbles, des éléments de freinage, des piliers et des filets;</li><li>• altitude du projectile;</li><li>• dommages aux différents éléments porteurs.</li></ul> <p>Le nombre d'heures et le matériel nécessaires à la remise en état du filet de protection sont protocolés.</p> <p>Les images vidéo servent à déterminer le temps de freinage <math>t_s</math> et la trajectoire maximale de freinage <math>b_s</math> jusqu'au point de retour inférieur du projectile (figure 9).</p>

**Exigences pour le filet de protection** Le projectile doit être freiné par le filet de protection.  
Il ne doit pas se produire de perforation.  
Les dépenses nécessaires pour la remise en état doivent être aussi faibles que possible.

#### **6.4.3 Examen principal c) avec une énergie à 100% (section médiane)**

**But principal de cet examen** Lors de cet examen, il faut que toute l'énergie cinétique du projectile soit transformée en travail de déformation du filet de protection. Il s'agit de tester aussi bien la limite de charge que la capacité de déformation.

**Façon de procéder** Le projectile prévu pour cette énergie (tableau 2) est lâché pour qu'il ait une vitesse d'impact de 25 m/s au milieu de la section médiane.

**Méthode de mesure et d'observation** La position de chaque élém. porteur est mesurée et inscrite dans le protocole avant le test.

Les forces de traction dans les câbles sont mesurées et enregistrées sur env. 10 points de fixation au cours de l'essai.

L'essai est filmé depuis deux directions.

Les données suivantes sont protocolées après le test:

- déformation des câbles, des éléments de freinage, des piliers et des filets;
- altitude du projectile;
- dommages aux différents éléments porteurs.

Les images vidéos servent à déterminer le temps de freinage  $t_s$  et la trajectoire maximale de freinage  $b_s$  jusqu'au point de retour inférieur du projectile (figure 9).

**Exigences pour le filet de protection** Le projectile doit être freiné par le filet de protection.  
Il ne doit pas se produire de perforation.  
La trajectoire maximale de freinage  $b_s$  doit être plus courte que la valeur déterminée dans le tableau 2.  
La hauteur  $h_n$  du filet de la section médiane après le jet doit être supérieure ou égale à la valeur fixée dans le tableau 2 (mesure avant l'évacuation de la pierre).

#### **6.4.4 Évaluation d) du filet de protection selon des critères spécifiques**

**But principal de cet examen** Cet examen sert principalement à évaluer les critères non mesurables et l'aptitude du filet de protection dans la pratique.

**Façon de procéder** Appréciation de la documentation:

- Comparaison des dimensions selon les plans avec celles du filet de protection réel. La concordance de la documentation livrée avec le filet de protection implanté doit être assurée.

- Les fabricants doivent indiquer quelles sont les normes en vigueur appliquées à leur produit (en particulier les normes concernant la protection contre la corrosion, les câbles en acier et les serre-câbles).

Évaluation de la construction:

- Le montage effectif est observé et, en tenant compte des circonstances spéciales, comparé à l'instruction de montage.
- La simplicité du montage est jugée et l'adaptation au terrain naturel estimée.
- La durée de vie du filet de protection est jugée sur la base de la durée de vie des différentes composantes, laquelle doit être attestée par le fournisseur.

### Exigences

Les plans et l'ouvrage doivent correspondre dans tous les détails.

Les normes valables doivent être respectées.

L'instruction de montage doit être pratique et correspondre à la réalité.

Des constructions simples devraient avoir une influence favorable sur le prix de vente.

La durée de vie de l'ouvrage doit être aussi longue que possible.

Figure 9:  
Position du projectile pendant les examens b) et c). La longueur du filet  $l_n$  est mesurée en position 3.

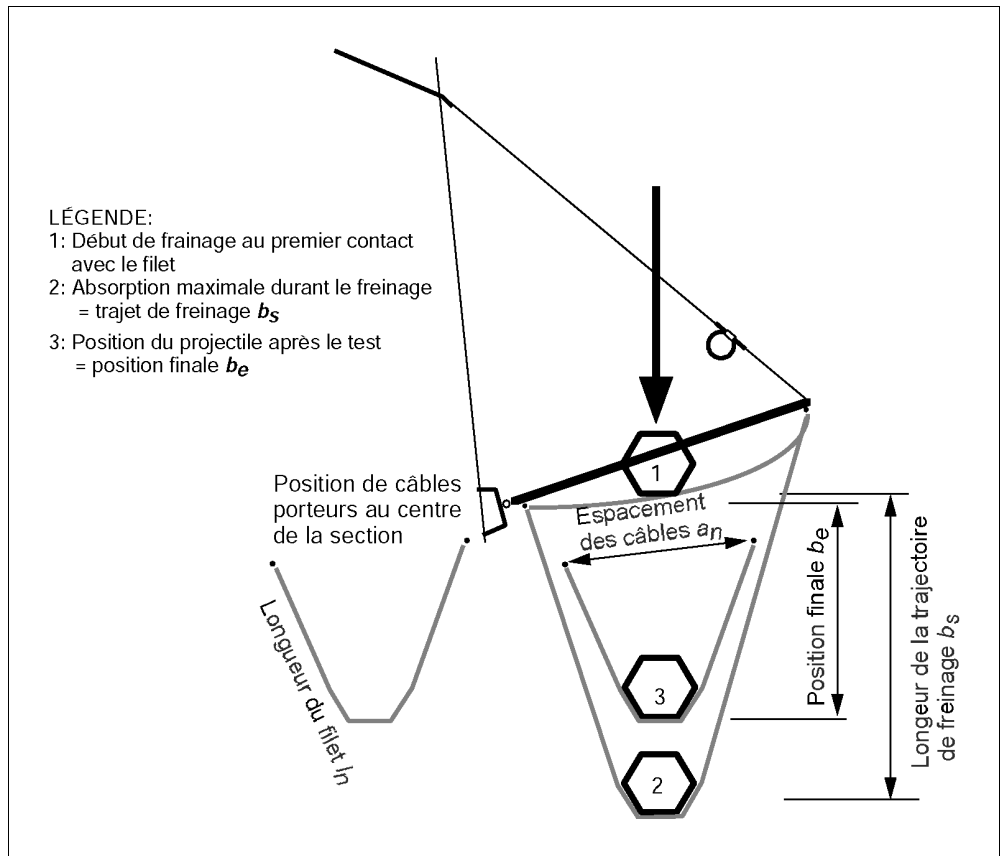


Tableau 2:  
Données concernant les paramètres à examiner lors des examens partiels b) et c).

Classe	Longueur du pilier (m)	Examen partiel b) (50%)			Examen partiel c) (100%)				
		Energie (kJ)	Masse du projectile (kg)	Longueur du côté s (m)	Energie (kJ)	Masse du projectile (kg)	Longueur du côté s (m)	Distance de freinage max. tolérée $b_s$ (m)	Hauteur min. du filet $h_n$ (m)
1	1,5	50	160	0,41	100	320	0,52	4,0	0,90
2	2,0	125	400	0,56	250	800	0,70	5,0	1,20
3	3,0	250	800	0,70	500	1'600	0,88	6,0	1,80
4	3,0	375	1'200	0,80	750	2'400	1,01	7,0	1,80
5	4,0	500	1'600	0,88	1'000	3'200	1,11	8,0	2,40
6	4,0	750	2'400	1,01	1'500	4'800	1,27	9,0	2,40
7	5,0	1'000	3'200	1,11	2'000	6'400	1,40	10,0	3,00
8	6,0	1'500	4'800	1,27	3'000	9'600	1,60	12,0	3,60
9	7,0	2'500	8'000	1,51	5'000	16'000	1,90	15,0	4,20

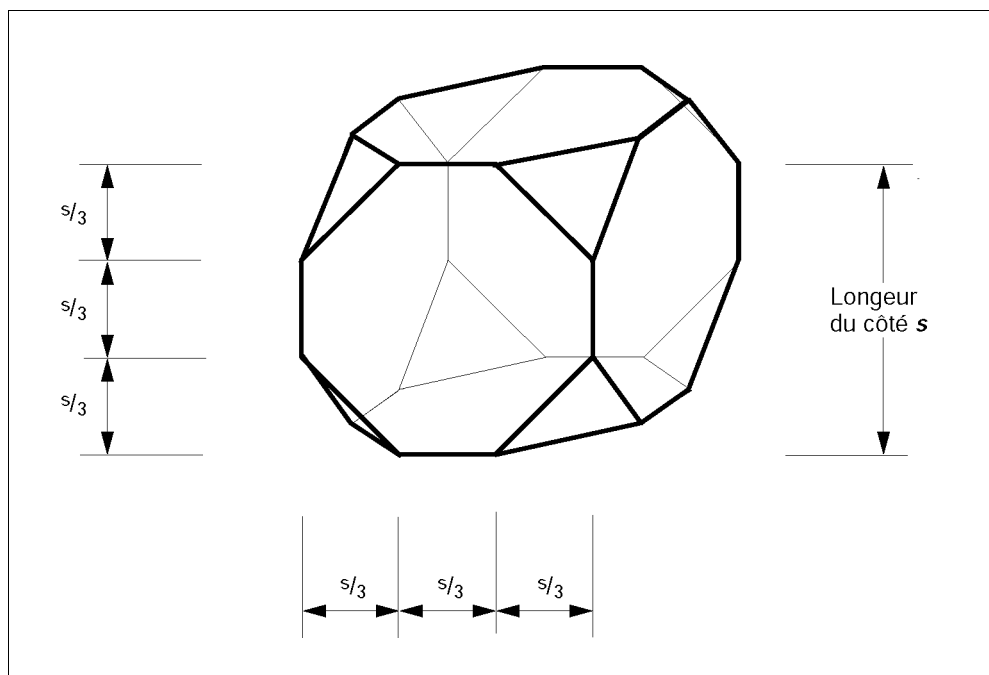


Figure 10:  
Forme et géométrie du projectile en béton armé.



## **6.5 Rapport d'examen**

Le rapport d'examen contient toutes les données importantes ainsi que les protocoles des examens a) à d) pouvant contribuer à une décision de certification. Chaque protocole est évoqué ci-dessous:

- Cotations et dimensions du filet de protection et vue schématique du principe de la disposition de chaque élément porteur.
- Protocoles de l'examen a): il s'agit d'une description verbale de ces essais.
- Protocoles de l'examen b): ils contiennent les données sur les modifications de la géométrie, les mesures de forces, l'évaluation des images vidéo et les charges pour le montage et les réparations.
- Protocoles de l'examen c): ils contiennent les données sur les modifications de la géométrie, les mesures de forces, l'évaluation des images vidéo et un compte rendu des dommages survenus.
- Protocoles de l'examen d): description verbale des critères non mesurables.

## **6.6 Coûts de l'examen**

Les coûts d'examen d'un filet de protection se composent d'un forfait de base et de forfaits journaliers selon l'annexe séparée de l'OFEFP. Ils comprennent l'utilisation du funiculaire et de la grue pour le montage et le démontage de l'ouvrage, l'amortissement des instruments de mesure et autres appareils, et la rédaction du rapport d'examen.

Sont également inclus tous les frais de la CEAC et de l'OFEFP.

# 7 Fondation

## 7.1 Exigences

Seuls les éléments de support hors terre des filets de protection sont testés dans le cadre de cette directive. Il en résulte des forces qui doivent être transférées au sous-sol par les fondations et les ancrages. Pour un fonctionnement irréprochable sur le terrain de ces filets de protection, un dimensionnement approprié des fondations et des ancrages est la condition préalable. C'est pourquoi, il convient d'accorder une attention toute particulière à la planification des fondations et des ancrages et à l'exécution sur le chantier de ces éléments de support de première importance.

## 7.2 Type de fondations et d'ancrages

Les conditions de fondations et d'ancrage de filets de protection contre les chutes de pierres dépendent du produit, si bien qu'il ne peut être traité ici que des dispositions de principe. Différentes fondations et ancrages peuvent être utilisés selon la nature du sol et le concept de l'ouvrage. On peut cependant établir une distinction entre les ancrages, respectivement les fondations des piliers, et les ancrages des câbles. Les types de fondations et d'ancrages principaux sont énumérés ci-dessous.

### 7.2.1 Fondations des piliers

Au pied du pilier, le transfert au sous-sol de la pression et des forces de poussée déterminantes doit être garanti. Si des moments de rotation provoquent des charges supplémentaires sur des ouvrages sans ancrage de retenue, celles-ci doivent également pouvoir être transmises au sous-sol par la construction de la fondation.

### 7.2.2 Ancrage des câbles

Pour l'ancrage des câbles, on utilise généralement des câbles ou des tiges d'ancrage. Etant donné que la direction du câble et la direction de l'ancrage ne correspondent que très rarement, il en résulte des forces transversales au point de transition de la tête d'ancrage et du sous-sol. Les forces transversales provoquent différentes contraintes de flexion sur les ancrages selon la grandeur de l'angle de déviation et la résistance des matériaux du sol.

## 7.3 Dimensionnement des fondations et des ancrages

Les forces qui résultent de la transformation de l'énergie cinétique d'une pierre en énergie de déformation de l'ouvrage et qui agissent sur les fondations et les ancrages ne peuvent pas être calculées de manière précise. C'est pourquoi nous nous basons sur les mesures des forces données par les essais de l'homologation pour le dimensionnement des fondations et des ancrages. Les forces de freinage de la pierre sont augmentées par la chute verticale d'un projectile de 10–25% par rapport à un freinage horizontal, pour des temps de freinage compris entre 0.3 et 0.9 s. Selon le déroulement dans le temps des forces de freinage, des différences plus grandes peuvent aussi survenir.

### 7.3.1 Facteur de sécurité

Les forces mesurées lors de l'homologation contiennent bien les conditions accentuées du jet vertical, mais elles contiennent aussi les effets compensatoires de l'impact centré du projectile dans le filet. Des forces supplémentaires, non encore connues, se produisent dans les différents câblages lors de charges excentriques plus proches des piliers ou plus proches des câbles porteurs.

Pour cette raison, il faut toujours augmenter de 30% les forces maximales mesurées qui résultent de l'examen principal c) avec une énergie à 100% et introduire ces forces augmentées comme charges statiques de remplacement dans les calculs:

$$\text{Charge statique de remplacement } Q_e = \text{force mesurée } F_{max} * 1,3$$

### 7.3.2 Sécurité et aptitude au service

L'influence provenant de la charge statique de remplacement  $Q_e$  correspond à la valeur représentative de l'action  $Q_r$  selon la norme SIA 160, chiffre 3 23 2. Elle est considérée comme action prépondérante et la valeur de calcul  $Q_d$  est déterminée par:

$$Q_d = Y_Q \cdot Q_r$$

$Y_Q$  : Facteur de charge pour l'action prépondérante  $Y_Q = 1,3$

$Q_r$  : Valeur représentative de l'action  $Q_r = Q_e$

Les exigences en matière d'aptitude au service et les sollicitations à considérer pour leur contrôle doivent être déterminées conjointement par l'auteur du projet et le maître de l'ouvrage. Dans de nombreux cas, elles seront couvertes par les exigences de la vérification de la sécurité structurale.

## **7.4 Mortier d'ancrage**

La qualité du mortier de scellement joue un rôle déterminant dans l'ancrage de filets de protection contre les chutes de pierres. Pour la construction de paravalanches, cette assurance qualité est définie dans les « Directives pour la construction d'ouvrages paravalanches dans la zone de décrochement », édition 2000 (Editeurs: OFEFP, Direction fédérale des forêts, 3003 Berne et WSL, Institut de recherche pour l'étude de la neige et des avalanches, 7260 Davos-Dorf). Cette directive doit également être appliquée lors de l'utilisation de mortier pour la fondation et pour l'ancrage de filets de protection contre les chutes de pierres. Le chapitre suivant résume les points les plus importants de la directive mentionnée.

### **7.4.1 Généralités**

L'aptitude du mortier doit être vérifiée par un examen d'aptitude. Il doit être effectué dans un laboratoire neutre. Le dernier examen et le rapport ne doivent pas dater de plus de 3 ans.

La conformité du produit utilisé doit être contrôlée en permanence sur le chantier lors de la pose du mortier. Le nombre d'examens doit être adapté à la quantité de mortier utilisé et doit être déterminé de façon à couvrir la dispersion réelle des propriétés du mortier. L'examen doit être effectué par un laboratoire neutre.

### **7.4.2 Examen d'aptitude**

L'examen d'aptitude est effectué sur des mortiers ayant une consistance pouvant être pompée. L'examen doit contenir les analyses suivantes:

- Caractéristiques du mortier frais: valeur d'affaissement et d'étalement de l'échantillon, teneur en air et masse volumique.
- Examens du mortier durci: masse volumique, résistance à la traction par flexion et à la compression, mesure de l'élasticité, résistance au gel, déformation longitudinale (retrait).

Les exigences du mortier sont définies comme valeurs limites dans la directive mentionnée ci-dessus.

### **7.4.3 Examen de la conformité**

Les prélèvements du mortier et la fabrication des échantillons se font sur le chantier. Lors de la fabrication normale de mortier au malaxeur, un échantillon de mortier doit être prélevé pendant les travaux de mise en place au bout du tuyau de pompage. Les échantillons suivants doivent être fabriqués:

- soit 9 prismes 40/40/160 mm
- ou 2 cylindres  $\varnothing = h = 200$  mm
- ou 2 cubes 200/200 mm, respectivement échantillons aux volumes identiques

Les échantillons doivent être marqués de manière claire et indélébile. Il faut veiller à éviter une perte d'humidité; une température de 10°C doit donc être garantie. Le transport au laboratoire doit avoir lieu au plus tard dans les deux jours.

Afin de pouvoir interpréter sûrement les données d'analyse, les indications suivantes doivent accompagner les échantillons fournis au laboratoire:

- Mandant
- Protocole de la fabrication du mortier
- Méthode et date de la fabrication des échantillons
- Température de l'air et du mortier au moment de la fabrication
- Moment du décoffrage
- Conditions d'entreposage

L'examen de conformité doit contenir les analyses suivantes:

- Masse volumique et résistance à la compression après 7 et 28 jours
- Détermination de la résistance au gel.

Les exigences du mortier sont définies comme valeurs limites dans la directive mentionnée ci-dessus.

## **8 Entrée en vigueur**

Cette directive entre en vigueur le 1<sup>er</sup> juin 2001.

## 9 Dispositions transitoires

Durant la période transitoire allant du 1<sup>er</sup> juin 2001 au 1<sup>er</sup> juin 2003, il sera aussi possible d'utiliser dans des projets subventionnés par la Confédération des filets de protection contre les chutes de pierres qui n'ont pas été admis par l'OFEFP.

La sécurité structurale et l'aptitude au service doivent toutefois être attestées par le fournisseur et confirmées par un service neutre.

Sont recommandés les filets de protection qui ont été testés jusqu'à présent sous la surveillance du WSL.

Après cette période transitoire, les subventions fédérales ne seront plus versées que pour des mesures de protection et des projets comportant des filets de protection contre les chutes de pierres examinés et homologués.





# Index

## Liste des figures

Figure 1: Vue schématique d'un filet de protection à ancrage amont avec indication des éléments porteurs	18
Figure 2: Vue schématique d'un filet de protection à pilier encastré	18
Figure 3: Vue schématique de face avec indication des éléments porteurs	19
Figure 4: Indications des angles et mesures	20
Figure 5: Position des câbles porteurs après la chute d'un projectile	21
Figure 6: Vue de face des câbles porteurs au milieu de la section après la chute d'un projectile	21
Figure 7: Vue schématique du dispositif d'essai de Walenstadt avec la grue, le filet de protection et la caméra vidéo. Déformation du filet de protection après un test	25
Figure 8: Disposition du filet de protection sur le site d'essai. Angle des éléments porteurs	26
Figure 9: Position du projectile pendant les examens b) et c). La longueur du filet $l_n$ est mesurée en position 3.	29
Figure 10: Forme et géométrie du projectile en béton armé	30

## Liste des tableaux

Tableau 1: Déroulement administratif par étape	23
Tableau 2: Données concernant les paramètres à examiner lors des examens partiels b) et c)	30