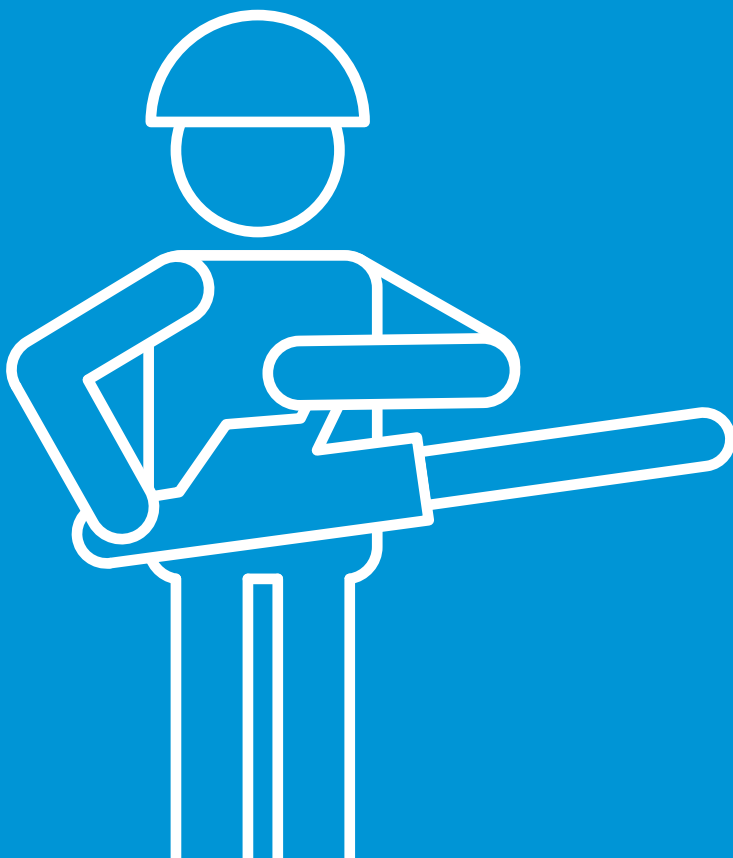


Manuel

Pionnier



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Disponibilité

Version électronique

PDF téléchargeable en format Acrobat Reader

<http://www.babs.admin.ch/>

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division Protection civile et formation

Version 2026-02

Avant-propos

Le présent manuel règle les tâches du domaine des pionniers dans la protection civile. Conçu pour servir d'outil de travail et de document de référence aux instructeurs et aux cadres, il peut aussi être utilisé dans la conduite de la protection civile.

Le présent manuel sert de base à une conception cohérente des procédures et des normes minimales dans le domaine des pionniers. Il se compose des parties autonomes suivantes :

- Bases
- Protection contre les crues
- Soulever, déplacer et assurer des charges
- Assurance d'éléments de construction et d'ouvrages
- Sécurité antichute
- Localisation et sauvetage dans les décombres
- Travaux forestiers et ouvrages en bois

Les cantons peuvent compléter les différentes parties selon leurs besoins spécifiques. La forme définitive et la distribution des documents définitifs qui serviront de base à l'enseignement de la matière relèvent de la compétence des cantons. De l'avis de l'éditeur, le manuel des pionniers devrait toutefois être remis aux fonctions suivantes :

- personnel enseignant
- commandant-e-s
- chef-fe appui technique
- officier-e pionnier

Schwarzenburg, juillet 2025

Table des matières

Bases

4 Tâches et organisation du domaine technique des pionniers

4 Tâches

5 Organisation

6 Fonctions

6 Pionnier-e

6 Sous-officier-e pionnier

6 Officier-e pionnier

7 Chef-fe appui technique

7 Processus et procédures

9 Moyens et méthodes

9 Moyens et méthodes improvisés

10 Disponibilité opérationnelle

10 Planification et plans

10 Gestion intégrale des risques

12 Besoins et mandat de prestations

16 Prescriptions de sécurité

20 Processus d'intervention

20 Principes d'engagement

23 Formation

24 Déroulement de l'intervention

24 Préparation

24 Intervention

26 Fin de l'intervention

30 Annexe

30 Bases de géométrie

31 Conversion d'unités

32 Densité des matériaux

33 Flambage sous charge

34 Indicateurs protection contre les crues

35 Construction d'une digue de sacs de sable : dimensions et quantité de matériel utilisé

Protection contre les crues

5 Crues

- 5 Causes et déroulement de crues dommageables
- 6 Processus intervenant à l'intérieur et le long du cours d'eau
 - 6 Aperçu
 - 7 Inondation et épandage d'alluvions
 - 10 Embâcle ou obstruction de lit
 - 10 Lave torrentielle
 - 12 Érosion / éboulement des berges
 - 13 Bois flottant
- 14 Processus indépendants du cours d'eau
 - 14 Aperçu
 - 14 Ruissellement de surface / eau de pente
 - 15 Remontée de la nappe phréatique
 - 16 Reflux dans les égouts
- 17 Aperçu d'une intervention en cas de crue
- 17 Objectif de l'intervention en cas de crue
- 18 Délai de pré-alerte et temps d'intervention
- 19 Moyens et formation
- 20 Points faibles typiques dans des cours d'eau
- 21 Aperçu de mesures possibles en cas d'événement

23 La sécurité lors d'une intervention en cas de crue

- 23 Dangers et risques
- 25 Principes tactiques
- 26 Mesures de sécurité et d'urgence
 - 26 Prescriptions de sécurité
 - 27 Liste de contrôle : évaluation des risques d'intervention et de crue
 - 28 Autres mesures de sécurité et d'urgence

30 Protection mobile contre les crues

- 30 Systèmes de protection stationnaires
- 30 Systèmes de protection mobiles
 - 30 Systèmes planifiés
 - 31 Systèmes d'urgence
- 32 Processus de mise en place d'une protection mobile contre les crues
- 33 Systèmes de protection contre les crues non spécifiques aux lieux
 - 33 Principes tactiques
 - 35 Scénarios d'intervention

42	Systèmes mobiles de protection contre les crues, non spécifiques aux lieux	78	Mesures d'urgence
42	Systèmes commerciaux ou improvisés	78	Patrouille de reconnaissance / garde de digue
43	Systèmes de sacs de sable	78	Étalement de la digue du côté des terres
54	Systèmes de panneaux	80	Consolider les effondrements et les fissures du côté de l'eau
57	Systèmes de supports	82	Film d'étanchéité du côté de l'eau
61	Systèmes de boudins et systèmes de réservoirs fermés	83	Rehaussement de digue (exhaussement)
63	Systèmes de barrières déployables		
64	Systèmes de bassins	84	Autres mesures de protection contre les crues
66	Système d'éléments en béton	84	Protection d'urgence des berges avec des arbres entiers disposés en épi
68	Aperçu des conditions liées aux systèmes	84	But et fonction
69	Aide à la décision quant à l'utilisation	84	Principes de l'utilisation
70	Défense des digues	85	Travaux d'urgence de mise en sécurité et de réparation
70	Mesures d'urgence sur les digues de protection contre les crues	85	Mise en sécurité de cuves à mazout
71	Système de classification des dommages	86	Évacuation d'eau des sous-sols par pompage
72	Description et classification des scénarios de dommages	88	Bibliographie
72	Écoulement traversant ou infiltrant la digue		
74	Fissures et effondrements dans la digue		
76	Érosion du lit majeur		
77	Déversement de la digue		

Soulever, déplacer et assurer des charges

5 Vue d'ensemble

5 Mission et engagement

6 Principes de base

- 6 Déplacer des charges (traction au sol)
- 6 Soulever des charges
- 6 Soulever et déplacer des charges
- 7 Processus d'intervention pour le déplacement de charges

8 Sécurité

8 Prescriptions de sécurité

8 Explication de la zone de bondissement :

- 10 Autres règles de sécurité

11 Ancrages

11 Généralités

- 11 Ancrages préparés
- 11 Ancrages improvisés
- 12 Système d'ancrage redondant
- 12 Défaillance des ancrages

13 Ancrages dans le béton

- 13 Principes généraux
- 14 Exemple
- 16 Exemples pratiques

16 Ancrages au sol

- 16 Principes généraux
- 18 Tiges d'ancrage
- 22 Ancrage Totmann
- 23 Ancrage à plaque pivotante
- 24 Ancrages réalisés sur des arbres
- 26 Ancrages réalisés sur des rochers

27 Ancrages improvisés sur des bâtiments

- 27 Généralités
- 28 Ancrage dans une bouche d'égout
- 29 Ancrage à traverse

30 Longes et éléments d'attache

30 Charge

30 Influence des angles

32 Arêtes vives

33 Élingues et sangles de levage

35 Manilles

36 Câbles

38 Cordes

- 40 Nœuds et liens pour les constructions auxiliaires et le matériel

44 Sangles d'arrimage

45 Déplacer des charges avec des tire-câbles

45 Tire-câbles portables

- 45 Avantages et inconvénients des tire-câbles portables

47 Systèmes de palans

- 47 Palans simples pour tire-câbles

47 Poulies de renvoi

48 Tirer des charges

(traction au sol)

- 48 Frottements statique et dynamique
- 49 Frottement par roulement

**51 Lever et déplacer des charges
à l'aide d'un bipied ou d'un
trépied**

51 Dimensions des pieds (bois
rond ou équarri)

52 Trépied improvisé

57 Bipied improvisé

58 Soulever et déplacer des
charges à l'aide d'une grue
bipied improvisée

62 Fixer le palan au trépied ou
bipied improvisé

64 Dimensionnement des
potences

**64 Soulever des charges à l'aide
de potences improvisées**

64 Possibilités d'utilisation

64 Potences en bois

66 Potences réalisées à l'aide de
barres d'échafaudage

**67 Déplacer des charges avec
des engins de levage**

67 Engins de levage

67 Soulever une charge à l'aide
d'un pied de biche

69 Règles d'utilisation

69 Considérations générales

69 Soulever les objets d'un seul
côté

71 Coussins de levage

Assurage d'éléments de construction et d'ouvrages

5 Informations générales

5 Utilisation des systèmes de sécurisation

5 Différenciation dans l'intervention

5 Mesures de sécurisation improvisées

5 Mesures de sécurisation improvisées

6 Mesures de sécurisation prévues

7 Formation et équipement

9 Sécurité

9 Considérations générales

9 Dangers lors d'interventions de sécurisation

10 Règles de sécurité importantes

12 Connaissances de base

12 Procédé général pour la sécurisation des éléments de construction et des ouvrages

12 Évaluation des éléments de construction et des ouvrages

13 Défaillance d'éléments de construction et d'ouvrages

14 Critères d'appréciation

18 Classification des systèmes de sécurisation possibles

18 Systèmes d'étaisage

21 Systèmes de pose tendue

22 Mesures de sécurisation avec le matériel de chantier

24 Transfert de la force par des mesures de sécurisation

25 Suivi des éléments de construction et des ouvrages

25 Surveillance simple

26 Surveillance des fissures

26 Surveillance avec détecteur de mouvement

27 Surveillance avec des dispositifs optiques

28 Équipement et matériel d'étaisage

28 Étaisage avec du bois

29 Étaisage avec des équipements du secteur de la construction

31 Soutien au moyen d'étais de sauvetage multifonctionnels

32 Étaisage avec des blocs de plastique utilisés pour les opérations de sauvetage

32 Équipement supplémentaire requis

33 Règles d'étaisage

33 Règles générales

34 Règles lors de l'utilisation du bois

41 Systèmes d'étaisage «shoring»

41 Généralités

42 Étais verticaux («Vertical Shore»)

42 Dérivation des forces

44 Étais isolés verticaux «T-Shore»

47 Charpentes planes verticales («N-Post Vertical Shore»)

50 Charpentes verticales tridimensionnelles

**52 Pile de bois croisée
(«cribbing»)**

52 Généralités

52 Règles techniques

57 Alternatives à la pile
de bois croisée

**60 Étayages horizontaux
«Horizontal Shore»**

60 Règles techniques générales

60 Structure de poutres à
contrefiches (treillis)

62 Sécurisation des excavations

**64 Étayage des éléments
de construction inclinés
(«Sloped Floor Shore»)**

64 Règle technique générale

67 Étayages avec la méthode à
angle droit («Sloped Floor
Shore Perpendicular»)

70 Étayage au moyen de la
méthode verticale («Sloped
Floor Shore Friction Type»)

**72 Étançonnement des murs
(«Raker Shores»)**

72 Règles techniques générales

75 Les contrefiches en tant
que charpentes planes ou
tridimensionnelles

78 Contrefort comme charpente
plane ou tridimensionnelle

**81 Étayage des ouvertures de
bâtiments**

82 Étayages improvisés

83 Annexe

**83 Charges volumiques et de
surface**

**84 Détermination de la charge
admissible des étais de
plafond métalliques (extrait
du manuel de construction de
l'armée suisse)**

**86 Aides au dimensionnement
pour l'étaillage des bâtiments
(extrait du manuel de
construction de l'Armée
suisse)**

Sécurité antichute

5 Généralités

- 5 Utilisation du dispositif de sécurité antichute
- 5 Mesures de protection contre les chutes
- 6 Classification des systèmes de sécurité antichute
- 6 Sécurité antichute
- 7 Travaux sur cordes
- 8 Le sauvetage organisé
- 9 Formation en matière de sécurité antichute

10 Sécurité

- 10 Accidents causés par une chute : chiffres pour la Suisse
- 11 Prescriptions de sécurité
- 13 Règles de base pour les surfaces inclinées
- 14 Règles de sécurité
- 15 Règles de sécurité supplémentaires

16 Compétences de base

- 16 Les trois éléments de base d'une chaîne d'assurage
- 16 Équipement
- 16 Généralités
- 18 Vue d'ensemble des normes EN
- 19 Casque
- 20 Ceintures et harnais
- 23 Cordes
- 26 Mousquetons
- 27 Absorbateurs d'énergie
- 27 Équipement supplémentaire pour la sécurité antichute
- 30 Physique de la chute
- 30 Facteur de chute
- 31 Force de choc

- 33 Distance de dégagement

34 Syndrome du harnais (traumatisme de suspension)

35 Principe de la redondance dans la sécurité antichute

36 Principaux systèmes de sécurité antichute

36 Systèmes de retenue

37 Systèmes de maintien de la position

37 Système d'arrêt des chutes

38 Sauvetage improvisé

38 Généralités

39 Schéma d'urgence

40 Méthodes de sauvetage simples

43 Méthodes de sauvetage complexes

44 Règles de sécurité concernant l'utilisation du matériel

44 Risques de détérioration

46 Chute pendulaire et corde détendue

48 Longes

48 Assurer à partir d'un point fixe

49 Contrôle de sécurité

50 Nœuds

50 Généralités

50 Nœud de huit

51 Demi-nœud de cabestan et nœud de blocage

52 Nœud de cabestan

52 Double nœud de pêcheur

53 Nœud de Machard

53 Ancrages

53 Définition d'un ancrage (système d'ancrage)

54 Charge de rupture minimale au point d'ancrage

55 Choix des points d'ancrage

- 56 Amarrer les longes
- 56 Ancrage à un point
- 58 Ancrage à points multiples

62 Techniques d'assurage

62 Généralités

64 Vue d'ensemble des techniques d'assurage

- 66 Assurage par une seconde personne : assurage en moulinette
- 68 Assurage par une seconde personne :
assurage en moulinette avec installation de la corde
- 70 Auto-assurage avec absorbeur d'énergie en Y
- 72 Auto-assurage avec un anti-chute mobile
- 74 Auto-assurage à la ligne de vie
- 77 Assurage par une seconde personne (assurage en tête)
- 79 Maintenir la position au travail
- 81 Sécurité antichute lors de la pose de lignes aériennes

83 Contrôle du matériel

83 Généralités

83 Contrôle de sécurité de l'équipement

- 83 Fréquence des contrôles et personnel qualifié
- 84 Vérification par l'utilisateur
- 84 Nettoyage et stockage

Localisation et sauvetage dans les décombres

5 Principes généraux

5 Intervention de localisation et de sauvetage

6 Tremblements de terre

- 6 Origines et effets des tremblements de terre
- 8 Risques de tremblements de terre en Europe
- 8 Tremblements de terre en Suisse

9 Effets et caractéristiques des tremblements de terre

- 9 Impact
- 10 Particularités
- 10 Importance pour le sauvetage des personnes dans les décombres

12 INSARAG¹

- 12 Aperçu général
- 13 Les cinq composantes clés d'une équipe USAR
- 13 Catégories d'équipes USAR
- 14 Signification pour le sauvetage après un tremblement de terre en Suisse

15 Profil de prestations et organisation de la protection civile

- 16 L'équipe USAR light (selon INSARAG)
- 18 Équipe USAR medium (selon INSARAG)

22 Sécurité dans les décombres	49 Phase 1 : Reconnaissance et premières mesures
22 Prescriptions de sécurité	49 Objectif de la reconnaissance de l'objectif
23 Mesures générales de sécurité lors d'intervention dans les décombres	50 Procédure et contenu de la reconnaissance de l'objectif
25 Évacuation	52 Décisions et mesures initiales
26 Dangers provenant des bâtiments et des décombres	58 Phase 2 : Recherche et sauvetage simple
26 Comportement des bâtiments en cas de tremblement de terre (très simplifié)	58 Objectifs de la phase 2
28 Dangers pour les forces d'intervention	58 Recherche
30 Évaluation de la sécurité et mesures de sécurité	59 Sauvetage simple
33 Substances dangereuses dans les débris	60 Phase 3 : partie «Localisation»
33 Généralités	60 Généralités, objectifs
34 Substances dangereuses importantes dans les décombres	61 Aperçu des méthodes de localisation
36 Identification et évaluation des dangers	61 Pistage canin
39 Mesures de sécurité	62 Localisation technique
42 Risques particuliers pour les personnes piégées	64 Localisation improvisée (méthode du toc-toc)
	65 Localisation approximative, ultérieure et précise
	66 Marquage des victimes (Victim Marking)
	67 Phase 3 : partie «Sauvetage technique»
44 Tactique / technique d'intervention	67 Déroulement du sauvetage technique
44 Processus d'intervention	68 Options d'intervention tactique
45 Aperçu de la méthode en 5 phases	73 Sécuriser l'axe d'intervention
46 Vue d'ensemble de la méthode du niveau ASR	74 Créer des percées
48 Comparaison Méthode des niveaux ASR – Méthode à 5 phases	75 Ingénieur civil
	75 Forage d'exploration, protection de la personne emprisonnée
	76 Dimensions, forme et position d'une perforation

- 81 Phase 4 : Pénétration vers des lieux de présence potentiels**
- 81 Phase 5 : Déblaiement**
- 83 Sauvetage assisté par corde**
- 83 Classification et délimitation
- 84 Règles générales de sécurité et de fonctionnement
- 88 Sauvetage assisté par corde avec trépied ou bipied
- 98 Sauvetage assisté par corde avec une tyrolienne inclinée simple
- 102 Sauvetage dans les ouvrages de protection**
- 102 Généralités**
- 103 Sauver les gens dans les abris**

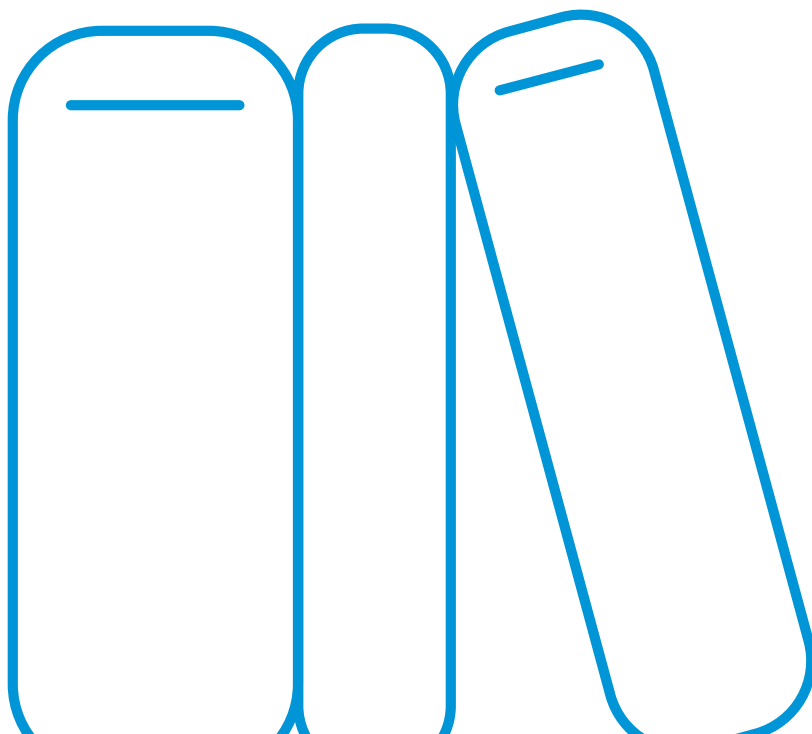
Travaux forestiers et ouvrages en bois

- 5 Travaux forestiers à la tronçonneuse**
- 5 Avant-propos**
- 6 Sécurité**
- 6 Dangers et risques
- 9 Prescriptions de sécurité
- 11 Équipement
- 12 Organisation de la place de travail
- 14 Barrages
- 16 Plan d'urgence
- 21 Travaux à la tronçonneuse**
- 21 Prescriptions de sécurité
- 21 Travailler en toute sécurité
- 23 Rebond (kick-back)
- 24 Maintenance
- 25 Travaux forestiers simples**
- 25 Tensions et compressions internes du bois
- 26 Technique de sciage et coupe de séparation
- 31 Ébranchage
- 32 Méthodes d'ébranchage**
- 34 Utilisation d'un tire-câble
- 39 Utilisation de l'outillage
- 43 Fendre le bois
- 45 Travaux de débardage

47 Ouvrages en bois	71 Seuils de fond
47 Prescriptions de sécurité	72 Chevauchement minimum
47 Le bois utilisé comme matériau de construction	72 Protection contre l'affouillement
47 Avantages	73 Arrêt du flux d'infiltration
48 Inconvénients	74 Protection des berges
48 Durée de vie	74 Principes de base
50 Génie biologique	75 Exécutions
51 Mesurer les angles avec un double-mètre	76 Enrochements
52 Caissons en bois	77 Caissons en bois
52 Applications	77 Gabions
52 Matériaux, équipement et sécurité au travail	78 Treillages
54 Caisson en bois à simple paroi	78 Utilisation
54 Caisson en bois à double paroi	79 Planification
55 Planification	80 Technique de construction
57 Techniques de construction	82 Ponts
62 Caniveaux en bois	82 Utilisation
62 Autres modes de construction	83 Planification
63 Disposition du lit	85 Technique de construction
64 Barrages en torrents	90 Pont en rondins
64 Principes de base pour les petits ouvrages transversaux	92 Passerelles
65 Disposition des ouvrages transversaux dans la vue en plan	92 Utilisation
65 Dimensions importantes pour les petits ouvrages transversaux	93 Planification
66 Ouvrage transversal en caisson de bois à double paroi	93 Technique de construction
68 Ouvrage transversal en gabions	97 Ouvrages avec systèmes d'échafaudage
69 Ouvrages de guidage	97 Introduction aux systèmes d'échafaudages pour les interventions (EGS)
70 Protection contre l'abrasion	98 Passerelle en cas de crue
70 Protection contre l'affouillement (sol de chute)	98 Passerelles et ponts
	100 Poste de décontamination / Sas de décontamination

Manuel Pionnier

Bases



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division Protection civile et formation

Version 2025-07

Tables des matières

4	Tâches et organisation du domaine technique des pionniers	24	Déroulement de l'intervention
4	Tâches	24	Préparation
5	Organisation	24	Intervention
6	Fonctions	26	Fin de l'intervention
6	Pionnier-e	30	Annexe
6	Sous-officier-e pionnier	30	Bases de géométrie
6	Officier-e pionnier	31	Conversion d'unités
7	Chef-fe appui technique	32	Densité des matériaux
7	Processus et procédures	33	Flambage sous charge
9	Moyens et méthodes	34	Indicateurs protection contre les crues
9	Moyens et méthodes improvisés	35	Construction d'une digue de sacs de sable : dimensions et quantité de matériel utilisé
10	Disponibilité opérationnelle		
10	Planification et plans		
10	Gestion intégrale des risques		
12	Besoins et mandat de prestations		
16	Prescriptions de sécurité		
20	Processus d'intervention		
20	Principes d'engagement		
23	Formation		

Tâches et organisation du domaine technique des pionniers

Tâches

Rattaché à l'appui technique, le domaine technique des pionniers apporte son soutien en cas d'événement, soit en intervenant de manière autonome, soit en assurant la relève. Les pionniers constituent un élément essentiel de la maîtrise de l'événement notamment lors de catastrophes naturelles où ils effectuent des interventions de longue durée dans le cadre du système coordonné, pour assurer la relève ou seuls en qualité de troupe d'intervention solide. Ils interviennent également dans le cadre de travaux préventifs tels que stabiliser des pentes, effectuer des travaux de remise en état comme sécuriser et déblayer mais aussi des interventions en faveur de la collectivité ou lors de grandes manifestations. Afin de pouvoir fournir l'efficacité désirée dans la mesure requise, il faut être capable de réaliser les tâches suivantes :

- Prendre des mesures techniques simples pour éviter des dommages (consécutifs) : construire des systèmes temporaires de protection contre les crues, sécuriser des bâtiments entiers ou certaines parties, prendre des mesures de sécurité sur le terrain, etc.

- Monter des infrastructures temporaires comme des tentes et des éclairages de places sinistrées, créer des accès ou des barrages, transporter le matériel, garantir un approvisionnement simple en eau et en électricité, etc.
- Exécuter des travaux de remise en état : libérer les voies de circulation, les passages ou les cours d'eau, déblayer les bâtiments, construire des protections simples, etc.
- Effectuer des opérations de localisation et de sauvetage dans les décombres

Il est possible d'ajouter des tâches et caractéristiques supplémentaires suivant la situation particulière d'une région. Les mandats de prestations constituent un autre moyen de définir les capacités. Les activités qui y sont liées ne sont pas couvertes par la mission globale mais la complètent et peuvent s'adapter aux besoins spécifiques.

Organisation

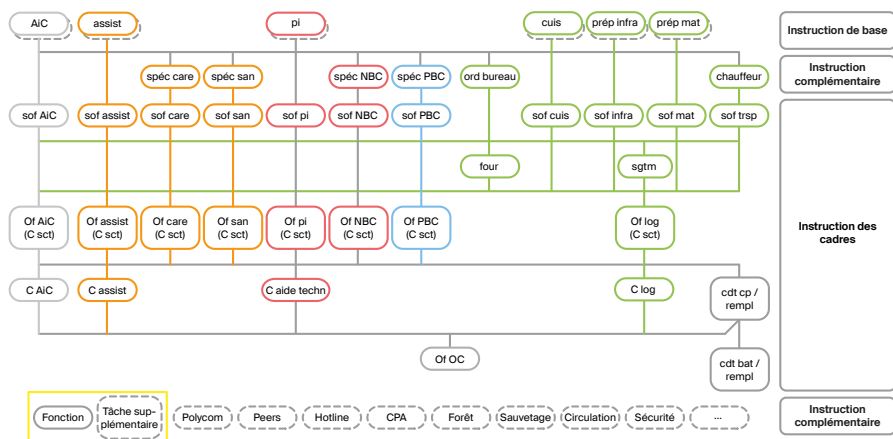


Fig.1 : Fonctions de l'appui technique avec les domaines techniques des pionniers et de la protection NBC dans la protection civile

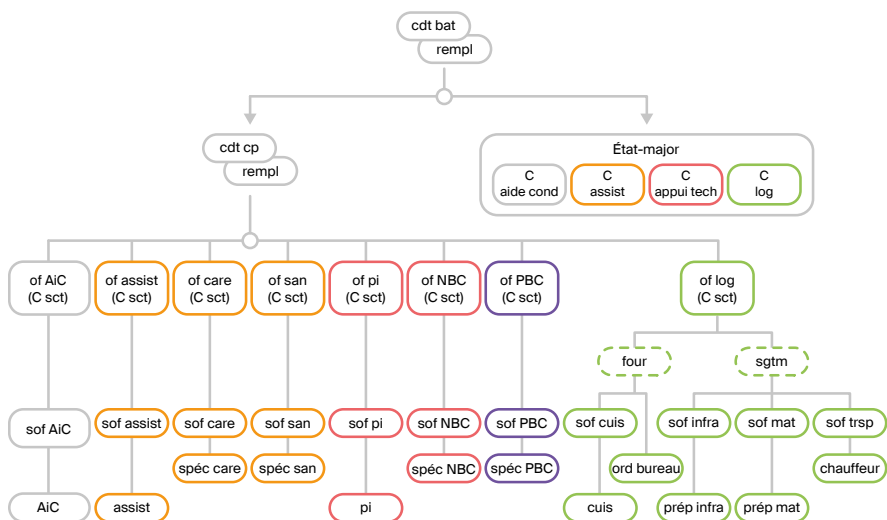


Fig.2 : Organigramme d'un bataillon de protection civile (exemple)

Fonctions

La conduite et les tâches de l'appui technique et du domaine technique des pionniers se répartissent sur divers échelons et fonctions :

Échelon	Fonctions
Bataillon	Chef-fe appui technique
Compagnie	Officier-e pionnier
Section	Sous-officier-e pionnier
Groupe	Pionnier-e

Tab. 1 : Fonctions possibles dans les différents échelons

Les sous-chapitres suivants énumèrent en détail les tâches des titulaires de fonction dans le domaine technique des pionniers.

Pionnier-e

- Utiliser les engins des pionniers et manipuler le matériel des pionniers
- Construire des systèmes temporaires de protection contre les crues
- Bâtir des constructions auxiliaires pour renforcer les bâtiments et le terrain
- Exécuter des travaux techniques de sécurisation et de remise en état
- Monter des infrastructures temporaires

Sous-officier-e pionnier

- Diriger un groupe en formation et en intervention
- Assurer la logistique spécifique dans son domaine de compétence
- Assurer la liaison avec l'instance supérieure
- Garantir la sécurité des subordonnés
- Préparer et exécuter des séquences de formation lors de cours de répétition conformément aux prescriptions des instances supérieures
- Assumer la direction organisationnelle et technique d'une place de travail

Officier-e pionnier

- Diriger une section en formation et en intervention
- Assurer la logistique spécifique dans son domaine de compétence
- Assurer la liaison avec l'instance supérieure
- Garantir le bien-être et la sécurité des subordonnés
- Élaborer des planifications et préparer les interventions conformément aux prescriptions des instances supérieures
- Préparer et dispenser des cours de répétition conformément aux prescriptions des instances supérieures
- Effectuer la reconnaissance, organiser et diriger une place sinistrée

Chef-fe appui technique

Les titulaires de fonction sont responsables de l'ensemble du domaine de l'appui technique et subordonnés aux commandant-e-s de bataillon.

Ils assument les tâches suivantes :

- Conseiller les commandant-e-s de bataillon dans le domaine technique
- Élaborer des concepts, des ordres et des instructions dans le domaine technique
- Planifier et surveiller les interventions dans son domaine technique
- Élaborer des planifications de formation, des exercices et des séquences de formation
- Élaborer des planifications et des préparatifs d'intervention dans le domaine technique
- Demander des mesures et les moyens nécessaires pour garantir l'appui technique

Processus et procédures

Etant donné que la palette d'interventions possibles dans le domaine technique des pionniers est très large et comporte une multitude de tâches et d'activités différentes, les processus et procédures s'adaptent aux situations spécifiques. Il n'est pas possible de les présenter sous la forme d'un processus général.

De même, alors que l'on souhaiterait pouvoir parler d'une doctrine générale d'intervention dans le domaine des pionniers, il n'est pas possible d'en élaborer une du fait, là aussi, de la diversité des travaux concernés. Néanmoins, lorsqu'ils existent et sont établis, les processus et procédures connexes sont décrits dans les différentes sections du présent manuel.

Mentionnons à ce stade quelques idées et réflexions tactiques relatives à une doctrine d'intervention et essayons d'en tirer les conséquences.

L'atout de la protection civile par rapport à ses autres partenaires réside entre autres dans sa capacité durable d'intervention et dans sa polyvalence. En outre, la protection civile est dotée d'un équipement léger et multifonctionnel permettant d'intervenir dans les emplacements et les réalités les plus divers. Ainsi, plutôt que de travailler avec des machines et engins lourds, la protection civile privilégie, dans la mesure du possible, un équipement transportable, le cas échéant, sans moyens motorisés. Cette approche permet aux pionniers d'entrer en intervention relativement rapidement même en des lieux éloignés ou difficilement accessibles. Ils sont alors en mesure de réaliser une multitude de missions avec toute une gamme d'engins.

Au moyen des véhicules couramment utilisés dans la protection civile tels que les véhicules de transport de personnes ou les pick-up tout terrain, les pionniers sont capables de se déplacer rapidement avec le matériel léger (souvent transporté sur des remorques compactes) dans la zone sinistrée pour y exécuter leur mission. Et si le dernier tronçon doit se faire à pied, un matériel d'intervention léger fait ses preuves puisque les personnes astreintes peuvent le porter jusqu'au lieu d'intervention. Il est en outre recommandé d'utiliser des systèmes multifonctionnels éprouvés, par exemple des constructions auxiliaires permettant de déplacer ou de soulever des charges – comme des bipieds ou des trépieds – et de renforcer des parties de bâtiments ou d'autres infrastructures. Ces systèmes de fabricants connus existent sur le marché sous différentes formes et ont pour avantage de réduire le matériel nécessaire au minimum, tout en offrant un maximum de possibilités d'interventions.

L'évolution en matière d'engins légers d'intervention va de plus en plus dans le sens d'engins de travail autonomes ne nécessitant aucun groupe électrogène ou générateur électrique supplémentaire. Ces engins à accus constituent un complément idéal aux engins hydrauliques, à carburant ou à air comprimé. Ils sont d'ores et déjà très puissants et sont disponibles dans un grand nombre de diffé-

rentes versions. Lors d'interventions sur un terrain accidenté ou de longs déplacements à pied vers le lieu d'intervention, de tels engins sont autant de compléments précieux au parc d'engins existants.

Pour ce qui est de la reconnaissance des places sinistrées, des lieux d'intervention, de la surveillance et du contrôle des places de travail, les drones et quadricoptères équipés de caméras vont gagner de plus en plus de terrain. Ils permettent en effet, depuis un emplacement sûr, de faire rapidement l'état des lieux de la situation ou de l'état d'avancement des travaux sans mettre en danger le personnel. La reconnaissance par exemple d'une place sinistrée sous les décombres comporte en effet de nombreux facteurs de risque, liés notamment aux systèmes d'approvisionnement en énergie tels que les lignes électriques ou les conduites de gaz, aux fuites de carburant ou de produits chimiques, aux rayonnements radioactifs, etc. L'utilisation d'un drone permet ainsi la reconnaissance du terrain sans mise en danger des forces d'intervention. Jusqu'ici, il fallait souvent renoncer à toute image de la situation ou mener les missions de reconnaissance en hélicoptère pour se faire une idée de la situation. Or, les vols en hélicoptère sont non seulement beaucoup plus coûteux mais dépendent davantage de la météo que

les drones et sont largement moins disponibles en cas de besoin.

Moyens et méthodes

En intervention, il est impératif de distinguer les moyens et méthodes planifiés des moyens et méthodes **improvisés**.

Moyens et méthodes planifiés

- Utilisation d'équipement et de matériel testés/standardisés prévus pour une application spécifique. Le fabricant définit l'utilisation et répond de la sécurité d'utilisation et de l'aptitude à l'emploi (responsabilité du fait du produit) ;
- recours à des moyens et méthodes planifiés et calculés, pour une application spécifique, par des experts reconnus (p. ex. professionnels du bâtiment, constructeurs, ingénieurs, hydrologues) ;
- respect des normes reconnues dans la branche et des règles de l'art de construire.

Quand la situation le permet, n'utiliser que les moyens et méthodes planifiés !

Faire appel à des experts !

Moyens et méthodes improvisés

- Recours temporaire à des moyens et méthodes de fortune simples en cas de catastrophe, quand par manque de temps ou de ressources, il n'est pas possible de tirer parti des moyens et méthodes planifiés ;
- les moyens et méthodes improvisés sont nécessaires le plus souvent lors d'interventions urgentes, pour sauver des vies ou sécuriser des infrastructures d'importance capitale ;
- nombre de ces moyens et méthodes improvisés se fondent sur les expériences et développements des diverses organisations d'intervention (sapeurs-pompiers, armée, secours alpin suisse, protection civile, etc.) et se sont imposés en tant que « normes non contraignantes pour l'intervention ». C'est néanmoins à l'utilisateur qu'il incombe de veiller à la sécurité et à l'aptitude à l'emploi.

Disponibilité opérationnelle

Planification et plans

Gestion intégrale des risques

La gestion intégrale des risques (GIR) est l'un des éléments essentiels de nombre de documents rédigés à titre d'aide à la planification axée sur les risques de l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP) mais aussi d'autres autorités ainsi que de cantons. Parmi ces aides à la planification, citons par exemple l'aide-mémoire « KATAPLAN » et le guide d'utilisation correspondant « KATAPLAN-Risk », ou encore l'analyse nationale des dangers « Catastrophes et situations d'urgence en Suisse ».

La gestion intégrale des risques doit permettre d'atteindre un niveau optimal et comparable de la prévention dans notre pays, sur le plan de la

coopération intercantonale et en tenant compte des exigences et prestations de la Confédération (Source : Gestion intégrale des risques. Importance pour la protection de la population et des bases d'existence. Office fédéral de la protection de la population (OFPP). Berne, 2014.).

Le domaine technique des pionniers peut être convoqué ou intervenir pratiquement dans toutes les phases de ce modèle.

Le tableau suivant donne un aperçu de la palette d'activités possibles dans le domaine technique des pionniers et l'élément auquel elles correspondent dans la représentation circulaire de la GIR. La liste n'est pas exhaustive.



Fig. 3 : Modèle de gestion intégrale des risques dans la protection de la population suisse (OFPP)

Phase	Activités
Engagement	– prendre des mesures techniques simples pour éviter des dommages (consécutifs) : construire des systèmes temporaires de protection contre les crues, sécuriser des bâtiments entiers ou certaines parties, prendre des mesures de sécurité sur le terrain – monter des infrastructures temporaires comme des tentes et des éclairages de places sinistrées, créer des accès ou des barrages, transporter le matériel, garantir un approvisionnement simple en eau et en électricité – exécuter des travaux de sécurisation et de remise en état : libérer les voies de circulation, les passages ou les cours d'eau, déblayer les bâtiments, construire des protections simples – effectuer des opérations de sauvetage dans les décombres – contribuer ponctuellement à l'approvisionnement en énergie de secours – mettre en œuvre le plan de sécurité – conduire (prise de décision, donnée d'ordre, contrôle)
Remise en état	– exécuter des travaux de sécurisation et de remise en état : libérer les voies de circulation, les passages ou les cours d'eau, déblayer les bâtiments, construire des protections simples – conduire (prise de décision, donnée d'ordre, contrôle)
Évaluation	– analyser l'intervention, intégrer les enseignements, apporter des améliorations
Reconstruction	– exécuter des travaux de sécurisation et de remise en état : libérer les voies de circulation, les passages ou les cours d'eau, déblayer les bâtiments, construire des protections simples – mettre en œuvre le plan de sécurité – conduire (prise de décision, donnée d'ordre, contrôle)
Prévention	– prendre des mesures de sécurisation comme construire des protections simples – mettre en œuvre le plan de sécurité – conduire (prise de décision, donnée d'ordre, contrôle)
Préparation	– effectuer les planifications d'engagement – effectuer les planifications d'intervention – organiser et réaliser des exercices – élaborer un plan de sécurité
Face à l'événement	– effectuer la planification – vérifier la disponibilité opérationnelle d'après les quatre domaines : personnel, formation, logistique et conduite (PFLC)

Tab. 2 : Activités des pionniers par rapport à la gestion intégrale des risques.

Besoins et mandat de prestations

L'autorité politique supérieure compétente et/ou le canton donnent les mandats de prestations à l'organisation de protection civile concernée. En cas d'événement, ils sont complétés par les besoins communaux ou régionaux. Ces mandats de prestations définissent le schéma PQQTD (produit / qualité / quantité / temps / durée). Les prestations à fournir doivent être mesurables et formulées de manière concrète. Les prestations sont définies en accord avec la protection civile et les autres organisations impliquées et consignées sous forme de mandats de prestations. Lorsque les prestations ne peuvent être fournies dans le domaine de compétence, il est possible de les couvrir au niveau supra-régional (Source : Manuel de conduite Protection civile. Office fédéral de la protection de la population (OFPP). Schwarzenburg, 2020).

Les détails et liens concernant la planification des prestations, les besoins et le mandat de prestations relatifs à l'engagement dans la protection civile se trouvent dans le Manuel de conduite Protection civile, édition 2020, au chapitre planification des prestations en vue d'une intervention. Ce chapitre illustre en détail le rapport entre les différents outils que sont la gestion intégrale des risques, l'aide-mémoire KATAPLAN, les cadastres des dangers et les autres documents.

Conformément aux directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile, il convient d'élaborer un concept de sécurité pour les services présentant un danger particulier pour les personnes, les animaux, l'environnement ou les biens matériels et de le mettre en œuvre. Les « dangers particuliers » désignent des dangers présentant ou comportant un risque élevé. Il s'agit en outre souvent de dangers que nos sens ne perçoivent pas. Il est particulièrement important d'élaborer un concept de sécurité détaillé lorsque le danger n'est pas identifiable au premier abord ni clairement défini. D'autres activités comportant des dangers particuliers sont par exemple les travaux réalisés avec une tronçonneuse et un équipement de protection individuelle contre les chutes, les travaux forestiers ou les travaux réalisés dans les décombres.

En intervention, un concept de sécurité permet d'identifier, d'analyser, de minimiser de façon adaptée et, dans le meilleur des cas, de neutraliser les dangers et risques existants, ceux qui surviennent et ceux qui découlent de nos activités. On y parvient en définissant et mettant en œuvre les mesures adaptées. Il va de soi que les mesures ordonnées doivent être vérifiées quant à leur respect et efficacité. Nous présentons ci-après la structure possible, simple, d'un concept de sécu-

rité susceptible d'être utilisé et intégré au quotidien dans la protection civile. Notons que la nature, la portée et les supports du concept de sécurité dépendent de la situation.

Ainsi, il n'est pas absolument indispensable de disposer d'une documentation écrite pour les interventions brèves et urgentes.



Fig. 4 : Dangers potentiels en intervention (CSSP – Coordination suisse sapeur-pompiers)

Élaboration d'un concept de sécurité

Paragraphe	Contenu
1. Identification des dangers	Identifier les dangers à chaque étape de l'intervention et du travail. Il convient de distinguer entre : – dangers courants (récurrents, les mesures pour les contrer sont connues. Exemples : travaux avec des engins, bords tranchants, charge de travail élevée, hydraulique, etc.) et – dangers particuliers (liés à la situation, par exemple risque de chute, niveau des eaux élevé, niveau des eaux trop bas, débit des eaux, glissement de terrain, rayonnement radioactif, etc.)
2. Évaluation des risques	Il faut se poser les questions suivantes : – que pourrait-il se passer (scénario catastrophe) ? – qu'est-ce qui ne doit pas / jamais se produire ? – C'est spécialement important pour les dangers particuliers
3. Planification et réalisation des mesures	– éliminer ou réduire les risques en appliquant le principe STOP de la Suva – appliquer les règles reconnues face à un danger courant
4. Organisation d'urgence	Couvrir les risques restants et les risques résiduels acceptés et limiter les dommages éventuels : – communication – alarme et sauvetage – premiers secours – information du supérieur et des membres de la PCi

Tab. 3 : Structure et contenu du concept de sécurité.

Le principe STOP (Suva)

Signification	Contenu
Substitution (mesure de remplacement) 	– soit éliminer complètement les sources de danger, soit les limiter de sorte à supprimer tout danger – remplacer des procédures de travail, des substances et des équipements dangereux par des substituts moins dangereux, voire sans danger – refuser le mandat et le confier à une entreprise spécialisée Exemples : – remplacer des substances dangereuses pour la santé par des produits plus sûrs – utiliser la basse tension de protection (24 V) plutôt que la basse tension (230 V)
Mesures techniques 	– confiner ou atténuer les dangers en recourant à des équipements ou des dispositifs de protection Exemples : – utiliser des garde-corps, filets de sécurité, encapsulages (confinement) – capter des émissions (p. ex. dispositif d'aspiration, évent. améliorer la circulation d'air et renforcer l'aération des locaux) – introduire des sas, des sas de sécurité dans les zones à risques – pour les machines, utiliser une grille ou un boîtier de protection
Mesures organisationnelles 	– opérer une séparation spatiale et/ou temporelle entre la source de dangers et les personnes Exemples : – séparer les chemins pour piétons des voies empruntées par les chariots élévateurs – limiter le nombre de personnes dans certains secteurs de travail – limiter le temps de travail lors de travaux bruyants ou impliquant des substances dangereuses – former les conducteurs des chariots élévateurs – respecter les règles de comportement (sous la forme d'instructions sur le lieu de travail)
Mesures de protection personnelles 	– garantir la protection individuelle de chacun par un comportement correct – utiliser un équipement de protection individuelle (EPI) – disposition complémentaire aux mesures indiquées ci-dessus Exemples : – revêtir l'équipement de protection avant l'exposition directe (lors du transvasement de substances dangereuses dans un système ouvert) ou avant l'exposition éventuelle (projections de produits chimiques, chute d'objets) – utiliser des lunettes de protection, un casque de protection ou des chaussures de sécurité

Tab. 4 : Explication du principe STOP (Suva).

Prescriptions de sécurité

Lors d'interventions dans la protection civile, et ce particulièrement dans le domaine technique des pionniers, les personnes astreintes sont souvent confrontées à des situations et des travaux sortant de l'ordinaire. Afin de relever de tels défis et pouvoir s'entraîner et s'exercer, il convient de disposer de prescriptions de sécurité axées sur l'intervention offrant une plus grande marge de manœuvre que la législation ordinaire relative à la protection des travailleurs. C'est pour cette raison que les règles de sécurité de la Suva ne sont pas contraignantes pour la protection civile. La version remaniée des directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile (version de travail du 01.03.2020) régit la question de la sécurité au sein de la protection civile. Les prescriptions du 20 mai 2009 concernant les mesures destinées à prévenir des atteintes à la santé dans la protection civile ont été abrogées mais une partie de leur contenu se retrouve dans la nouvelle version. De plus, les directives se fondent autant que possible sur la législation fédérale dans le domaine de la sécurité au travail.

Il faut impérativement respecter les directives concernant les prescriptions de sécurité lors des interventions et des travaux. Ainsi, elles s'appliquent à toutes les formations

dans la protection civile, aux interventions en faveur de la collectivité, aux interventions en cas d'événement majeur, de catastrophe ou de situation d'urgence et aux services en cas de conflit armé. Il est possible de déroger aux prescriptions de sécurité dans des situations d'urgence et des situations exceptionnelles en se fondant sur une évaluation des risques et en tenant compte des conséquences potentielles pour les personnes, les animaux, l'environnement et les biens matériels.

De leur côté, les cantons sont libres d'édicter des prescriptions de sécurité complémentaires ou renforcées pour les appareils, l'équipement de protection individuelle et le matériel d'intervention qu'ils ont acquis eux-mêmes. Rappelons néanmoins que les supérieurs et le personnel enseignant sont tenus de prendre toutes les mesures destinées à prévenir les accidents et les maladies. Ce faisant, l'élément déterminant reste la marge d'appréciation, c'est-à-dire que les mesures prises sont celles dont l'expérience a démontré la nécessité, que l'état de la technique permet d'appliquer et qui sont adaptées aux conditions données (Source : Directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile. Schwarzenburg, Berne, 2020).

Extrait des directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile (version de travail du 01.03.2020).

Chapitre 1 : Dispositions générales

Art.1 Champ d'application

¹ Les prescriptions de sécurité sont valables pour les périodes de formation dans la protection civile, lors d'interventions en faveur de la collectivité, d'interventions en cas d'événement majeur, de catastrophe ou de situation d'urgence et lors de services en cas de conflit armé.

² Il est possible de déroger aux prescriptions de sécurité dans des situations d'urgence et des situations exceptionnelles en se fondant sur une évaluation des risques et en tenant compte de toutes les conséquences pour les personnes, les animaux, l'environnement et les biens matériels.

³ Les cantons peuvent édicter des prescriptions de sécurité supplémentaires pour les appareils, les équipements personnels des personnes astreintes à servir dans la protection civile (personnes astreintes) et le matériel d'intervention qu'ils ont acquis et financés.

Art.2 Responsabilités

¹ Les personnes astreintes, le personnel enseignant et les autres personnes engagées dans la protection civile doivent respecter les prescriptions de sécurité.

² Ils sont tenus d'interrompre immédiatement leur activité si celle-ci met en danger des personnes, des animaux, l'environnement ou des biens matériels.

³ Les supérieurs et le personnel enseignant sont tenus de prendre toutes les mesures dont l'expérience a démontré la nécessité, que l'état de la technique permet d'appliquer et qui sont adaptées aux conditions pour éviter les accidents et les maladies.

Art.3 Services présentant un danger particulier

¹ Les supérieurs et le personnel enseignant doivent élaborer un concept de sécurité pour les services présentant un danger particulier pour les personnes, les animaux, l'environnement ou les biens matériels et le mettre en œuvre.

² Le concept de sécurité comprend :

- a. la réalisation d'une analyse des dangers et des risques ;
- b. la définition et la mise en œuvre des mesures adéquates, y compris l'organisation d'urgence ;
- c. la surveillance du respect et de l'efficacité des mesures prises.

³ Les services présentant un danger particulier pour les êtres humains ne peuvent être effectués que par des personnes astreintes disposant de la formation nécessaire ou des compétences correspondantes. Les personnes astreintes doivent être surveillées durant leur travail.

⁴ Il est interdit de travailler seul pour effectuer des services présentant un danger particulier.

Section 2 : Équipement personnel

Art.10 Généralités

¹ L'équipement personnel doit :

- a. être adapté à l'utilisation prévue ;
- b. protéger efficacement la personne qui le porte contre les risques attendus.

² Les prescriptions de sécurité et d'utilisation du fabricant doivent être observées.



Art. 11 Chaussures

Les chaussures de toutes les personnes astreintes doivent présenter au minimum les qualités suivantes :

- a. empeigne montante, solide, jusqu'au-dessus de la cheville ;
- b. semelle profilée antidérapante ;
- c. talon fermé ;
- d. résistance à l'eau ;
- e. résistance à l'électricité statique et au carburant.

Art. 12 Tenue de signalisation

Il convient de porter sur le buste au moins un vêtement réfléchissant homologué de la classe 2 EN ISO 20471 :

- a. pour les travaux sur la voie publique ;
- b. en cas de mauvaise visibilité ;
- c. dans le rayon d'action des machines.

Section 3 : Engins et matériel

Art. 13 Généralités

¹ Les engins utilisés doivent :

- a. être adaptés à l'utilisation prévue ;
- b. être utilisés conformément aux règles techniques reconnues.

² Les prescriptions de sécurité du fabricant doivent être respectées.

³ Le matériel employé doit être adapté à l'usage qui en est fait et correspondre aux principales normes de sécurité.

⁴ Les systèmes de sécurité ne doivent pas être ôtés ou modifiés.

Art. 14 Appareils électriques

Si des appareils électriques sont alimentés par le réseau public, il faut intercaler à la prise électrique un disjoncteur de sécurité FI.

Explications :

Art. 3 Services présentant un danger particulier

Al. 1

On désigne par « danger particulier » un danger comportant un risque élevé. Ainsi, il est particulièrement important d'élaborer un concept de sécurité lorsque les dangers ne sont pas clairement définis. Quelques exemples de dangers que nos sens ne perçoivent pas : augmentation de la radioactivité, des substances chimiques ou biologiques dangereuses ainsi que des dangers survenant de façon inopinée comme des crues, des laves torrentielles, des avalanches ou des chutes de pierres.

Sont également qualifiés de services présentant un danger particulier les travaux avec une tronçonneuse et ceux réalisés avec un équipement de protection individuelle contre les chutes, les travaux forestiers et les travaux dans les décombres.

Al. 2

La nature et la portée du concept de sécurité sont définies au cas par cas. Il n'est pas absolument indispensable de disposer d'une documentation écrite pour les interventions brèves et urgentes.

Al. 3

Surveiller les personnes astreintes permet de garantir qu'en cas d'urgence, il soit possible d'alerter immédiatement les services de secours et de prodiguer les premiers soins. Généralement, la surveillance des personnes astreintes incombe aux supérieurs et au personnel enseignant mais cette tâche peut également être déléguée. Il est ainsi possible pour les personnes astreintes de se surveiller mutuellement lors de la réalisation de leurs travaux.

Art. 11 Chaussures

Les bottes de combat de l'armée répondent à ces critères et sont autorisées pour toutes les activités de la protection civile. Lors de travaux particulièrement dangereux, les cantons sont libres de relever les exigences en matière de chaussures.

Art. 12 Tenue de signalisation

Let. c

Séjourner « dans le rayon d'action des machines » signifie se trouver par exemple dans la zone de travail et de marche des tractopelles, grues, tracteurs forestiers ou camion/tombereaux.

Art. 13 Généralités

Al. 2

Concernant les appareils et le matériel livrés par la Confédération (matériel standardisé), ce sont les prescriptions de sécurité et d'utilisation publiées par la Confédération qui s'appliquent.

Pour ce qui est du matériel électrique mobile connectable et des groupes électrogènes mobiles, il est recommandé de mandater une personne qualifiée pour réaliser une fois par an un contrôle de sécurité conformément à la norme VDE 701/702. Le contrôle sera effectué même s'il n'est pas prescrit par le fabricant.

Processus d'intervention

Le détail des liens existant entre le terme générique de « conduite » et les processus d'intervention à l'échelon du bataillon ou de la compagnie se trouve dans le Manuel de conduite Protection civile et n'est donc pas spécifié explicitement ci-après. Il existe des processus spécifiques pour les diverses possibilités d'intervention et de travaux spécialisés dans le domaine des pionniers. L'exemple donné ci-dessous concerne la protection contre les crues mais les processus d'intervention pour les autres scénarios sont très similaires et toujours identiques dans leur structure de base.

En intervention, les étapes sont les suivantes :

Sécuriser		Connaître les dangers, assurer sa propre sécurité et la sécurité des autres.
Stabiliser		Eviter les dommages secondaires et sécuriser les zones de travail.
Maîtriser		Remplir la mission et respecter les priorités.

Principes d'engagement

Outils servant aussi bien à la planification qu'à la réalisation, les principes d'engagement constituent l'ingrédient de base pour réussir à maîtriser un événement. Ils sont également autant d'éléments essentiels et une aide précieuse pour mettre en œuvre le rythme de conduite tout en constituant des principes généraux pour la conduite en intervention. Les principes d'engagement déterminent le bon fonctionnement de l'ensemble de la troupe et des activités de conduite. Citons ici la carte aide-mémoire « Conduite » de la protection civile qui énumère les principes énoncés ci-dessous. Il en résulte les règles fondamentales suivantes pour l'engagement qui représentent autant de facteurs de sécurité en intervention :

- un-e chef-fe assume la conduite
- la mission de base pendant toute l'intervention consiste à « sécuriser », soit à identifier et éliminer les dangers pour les forces d'intervention et autres parties prenantes
- une seule approche (idéalement commune) est adoptée : traiter plusieurs approches en parallèle ou en avoir plusieurs en tête ne conduit pas au succès
- quand le risque est trop élevé ou que l'approche n'est pas concluante, il convient d'interrompre les travaux et de sécuriser autant que possible la place de travail. Ce n'est que dans un

Fig. 5 : Principes d'engagement de la protection civile (CSPS)

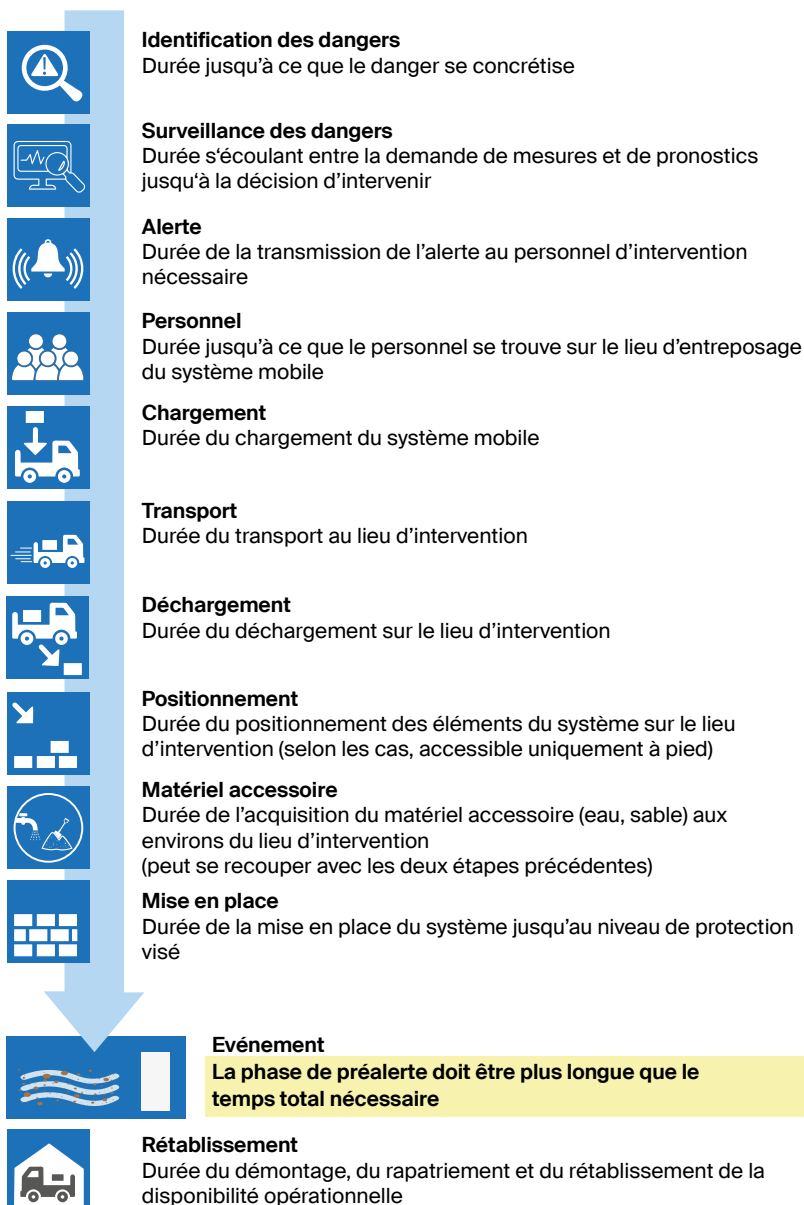


Fig. 6 : Exemple de processus d'intervention, protection contre les crues
(AEAI – Association des établissements cantonaux d'assurance incendie)

deuxième temps que l'on définit la suite des opérations

- connaître les dangers présuppose de grandes connaissances techniques. Il s'agit donc de recourir dès que possible à des spécialistes
- les professionnels ne sont pas forcément toujours des modèles à suivre car ils opèrent souvent dans l'urgence et leur travail est devenu une routine. Or, la routine peut conduire à sous-estimer, voire à négliger les dangers.
- les travaux et activités présentant des dangers particuliers pour les personnes ne doivent être réalisés que par des astreints qui ont terminé avec succès la formation correspondante, qui disposent des connaissances techniques requises et qui peuvent justifier des compétences adéquates.
- les personnes astreintes doivent être surveillées durant leur travail
- il est interdit de travailler seul pour effectuer des activités et opérations présentant un danger particulier (explications connexes dans la section Prescriptions de sécurité).

Formation

La formation des membres de la PCi consiste en :

- connaissances
- aptitudes
- capacités
- attitudes
- comportements

Il faut enseigner et thématiser ces éléments lors des cours de répétition également.

Thématiques possibles pour les cours de répétition (liste non exhaustive) :

- protection contre les crues et défense contre les inondations : remplir des sacs de sable, construire des digues au moyen de sacs de sable, monter un système de barrage mobile composé de palettes de chargement et de planches de coffrage, mettre en place un système de remplissage de sacs (« big bags »), construire des bassins pour l'approvisionnement en eau, assurer le transport de l'eau en incluant un système de pompage dans les rivières ou autres cours d'eau
- travaux forestiers : travaux de déblaiement, coupe de bois au sol
- soulever et déplacer des charges
- effectuer des opérations de sauvetage dans les décombres à l'échelon d'une équipe INSARAG légère
- protection contre les chutes (nœuds, ancrages, EPI antichute, ligne de vie, systématique de retenue et d'amortissement de chute, contrôle du matériel)
- éclairage des places sinistrées et lieux de travail, approvisionnement électrique inclus
- alimentation électrique de secours
- appareils et groupes électrogènes
- transport du matériel, gestion des véhicules et appareils spéciaux
- exercices à l'échelon du groupe et de la section dans le domaine technique des pionniers
- exercices dans le cadre du système coordonné avec les partenaires de la protection de la population
- projets de construction tels que stabiliser des pentes ou construire des caissons en bois
- bâtir des constructions auxiliaires
- exécuter une mensuration du profil du terrain
- travaux dans des terrains accidentés et difficiles
- contrôler, rétablir et remettre en état le matériel d'intervention.

Deroulement de l'intervention

Préparation

La préparation des formations de pionniers comporte deux volets.

Elle requiert d'une part ce que l'on appelle la disponibilité opérationnelle. Cette dernière est mesurée d'après quatre domaines : personnel, formation, logistique et conduite (PFLC). Pour de plus amples informations relatives à ces domaines, veuillez vous référer au Manuel de conduite protection civile. Il convient de vérifier et de rétablir la disponibilité opérationnelle après chaque intervention. La protection civile doit être en mesure d'apporter son soutien aux organisations partenaires par le biais de différentes prestations. Par conséquent, il convient de planifier et de réaliser, durant la phase de préparation, des formations axées sur l'intervention pour les différentes missions.

Le second volet consiste en ce que l'on désigne comme la « préparation à la marche », soit la préparation de l'organisation concernée à envoyer immédiatement la formation en intervention. Il s'agit de passer d'un état statique à une action dynamique. La préparation à la marche intervient à plusieurs occasions, par exemple pour le départ et le déplacement vers un lieu ou une zone d'intervention, pour le retour après l'intervention vers le poste d'attente ou pour le départ vers un nouvel événement.

Intervention

Les plans pour les différentes interventions du point de vue des aspects techniques comme par exemple l'intervention en cas d'inondation ou en forêt sont décrits dans les sections correspondantes du Manuel des pionniers.

Les missions reçues doivent être accomplies. Les tactiques varient suivant l'objet et le type d'intervention. Il est recommandé de procéder à une planification à l'avance surtout pour certaines interventions, non seulement pour gagner du temps mais aussi pour pouvoir travailler de façon efficace.

Disponibilité opérationnelle

Préparation de base



Préparation à l'intervention

Personnel



Formation



Logistique



Conduite



Plans d'intervention

Préparation à la marche



Matériel chargé selon la mission

Formation équipée en fonction de la mission

Remorque accouplée au véhicule tracteur



Créer et maintenir la disponibilité opérationnelle

Personnel



Ordre relatif aux
astreints suffisant
et prêt à être utilisé

Spécialistes
disponibles

Formation



Ordre
d'intervention
planifié et testé

Formation tactique
et technique
effectuée

Logistique



Matériel complet
et prêt à
l'engagement

Matériels consom-
mables acquis

Equipement
personnel complet

Transport assuré

Infrastructure prête
à l'engagement

Conduite



Conduite assurée
par suffisamment
de cadres bien
formés

Fig.7 : Disponibilité opérationnelle et préparation à la marche (OFPP)

Fin de l'intervention

L'objectif principal après l'intervention consiste à rétablir la disponibilité opérationnelle et à dresser le bilan et tirer les enseignements de l'intervention. Notre leitmotiv est le suivant : « après une intervention, c'est aussi avant une intervention ». Les activités énumérées ci-après, à réaliser après chaque intervention, répondent de façon ciblée à cette injonction afin de pouvoir garantir en tout temps la disponibilité opérationnelle de l'unité :

- restituer les appareils de façon appropriée
- nettoyer les appareils et véhicules
- vérifier le bon fonctionnement des appareils et véhicules
- faire le plein de carburant et de consommables
- marquer les appareils défectueux et, en cas de dommage, commencer la remise en état
- entreposer correctement les appareils ou charger les véhicules et remorques.

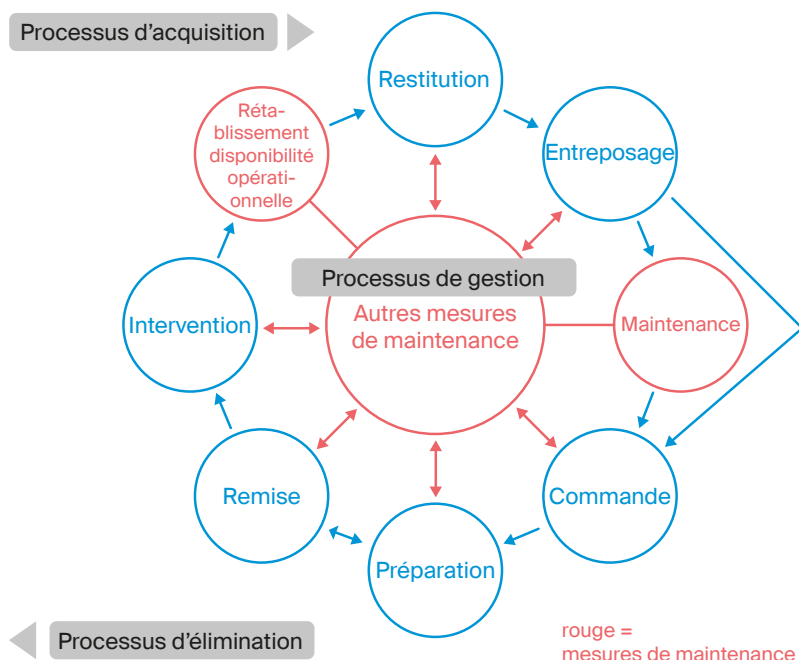


Fig. 8 : Processus de gestion du matériel à la protection civile (OFPP)

Le processus de gestion du matériel démontre clairement que le rétablissement après l'intervention revêt une grande importance car il permet de faire en sorte que l'équipement reste approprié pendant la durée prévue de l'intervention.

Toutes les informations relatives au processus d'acquisition et d'élimination se trouvent dans le Manuel de la logistique, partie 4 Matériel.

Le processus de gestion

- **la commande** du matériel.
Deux possibilités : le bénéficiaire de prestations procède à la commande du matériel ou la commande est régie par un accord ;
- **la mise à disposition** du matériel.
Deux possibilités : soit au moyen de la commande de matériel, soit conformément à un accord ;
- **la remise**. Le bénéficiaire de prestations reprend le matériel pour une intervention au moyen de la commande de matériel ou conformément à un accord.
Grâce au contrôle d'entrée et de sortie, les responsables du matériel gardent une vue d'ensemble du matériel ;
- **l'intervention**. Le matériel se trouve chez le bénéficiaire de prestations qu'il utilise pour l'intervention. Pendant l'intervention, le groupe Matériel peut aider les bénéficiaires de prestations à s'assurer de l'adéquation du matériel. Cette aide concerne en

particulier le réapprovisionnement, l'échange ainsi que les éventuelles réparations ;

- **le rétablissement de la disponibilité opérationnelle**. Le bénéficiaire de prestations assure le service de parc dans le cadre duquel il accorde une priorité très élevée au contrôle du bon fonctionnement. Les responsables du matériel assistent les bénéficiaires de prestations dans la planification, la préparation du matériel et l'exécution. Les stocks de consommables doivent être reconstitués immédiatement. Si le matériel n'est pas en état de fonctionner, s'il est mouillé ou pour des tâches spécifiques (p. ex. affûter une tronçonneuse), c'est le préposé au matériel qui prend les mesures appropriées (cf. également Autres mesures de maintenance). Il convient d'accorder une attention particulière à ce point car généralement ces travaux s'inscrivent en dehors du service ordinaire. Il faut donc répartir clairement les compétences. Un peu partout en Suisse, il s'agit là d'un domaine où les compétences entre miliciens et professionnels se recoupent ;

- **la restitution** d'un article au dépôt de matériel après une intervention. Il convient de vérifier que l'équipement est complet au moyen du bulletin de commande de matériel dûment rempli ou de l'inventaire. Grâce au contrôle d'entrée et de sortie, les responsables du matériel gardent une vue d'ensemble du matériel ;
- **l'entreposage** du matériel. Il se fonde sur les mandats de prestations et le plan d'intervention par les commandant-e-s de la protection civile. Les remorques à matériel sont à disposition dans un emplacement approprié (par ex. dans un poste d'attente) où ils peuvent être engagés dans un délai très bref par les formations. L'état de préparation des remorques est d'autant plus pertinent dans le cadre du rétablissement de la disponibilité opérationnelle ;

- **l'entretien.** Il a pour objectif de ralentir le processus d'usure. L'entretien se compose des éléments suivants :

- le service : conformément à la liste de contrôle pour la maintenance ou au programme correspondant pour le matériel.
- les contrôles périodiques : des experts internes ou externes réalisent à intervalles réguliers une inspection relative à la sécurité (p. ex. EPI antichute).
- conserver : la protection civile conserve certains appareils, ce qui rend tout entretien superflu ou, du moins, le repousse. Étant donné que la conservation prolonge le bon fonctionnement, elle peut également être considérée comme une mesure de maintenance.

Pour des informations supplémentaires concernant la thématique du rétablissement, veuillez vous référer au Manuel de la logistique, partie 4 Matériel.

Autres mesures de maintenance

Les autres mesures de maintenance énumérées ci-après peuvent s'avérer nécessaires à n'importe quelle étape du processus :

- **le dépannage ;**
- **la remise en état** (souvent désignée comme une réparation). Elle est réalisée par des entreprises spécialisées sauf si les préposé-e-s au matériel disposent des compétences nécessaires et que l'emplacement s'y prête ;
- **les améliorations** (souvent désignées comme des révisions). Elles sont commandées de l'extérieur dans le cadre du processus de gestion du matériel de la protection civile. L'accent est mis sur le matériel livré initialement par la Confédération. Mais le matériel que l'organisation de protection civile a acquis elle-même peut aussi être concerné, par exemple lorsque le fabricant améliore ce matériel suite à un rappel de produit.

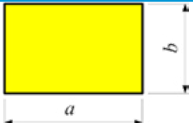
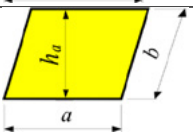
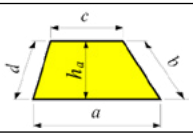
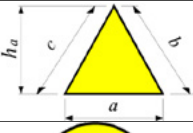
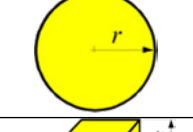
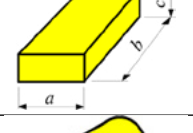
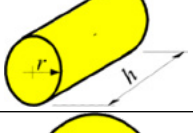
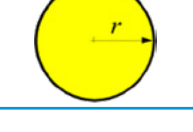
Contrôles

Dans le cadre du processus de gestion du matériel, les contrôles visent à vérifier à intervalles réguliers d'une part que l'équipement est complet et, d'autre part, qu'il fonctionne bien. Les contrôles réalisés sont les suivants :

- **l'inventaire.** Il est généralement effectué à des dates précises et sert en premier lieu à vérifier le stock ;
- **les contrôles périodiques du matériel.** Suivant les compétences, ils sont réalisés soit par la Confédération, soit par le canton ou par l'organisation de protection civile et servent à vérifier le bon fonctionnement du matériel correspondant ;
- **les inspections.** Elles ont lieu avant les autres mesures de maintenance et peuvent être réalisées soit par l'organisation de protection civile, soit par le fabricant.

Annexe

Bases de géométrie

Forme	Aire	Périmètre	Représentation
Rectangle	$A = a \times b$	$u = 2 \times (a + b)$	
Parallélogramme	$A = a \times h_a$	$u = 2 \times (a + b)$	
Trapeze	$A = \frac{h_a \times (a + c)}{2}$	$u = a + b + c + d$	
Triangle	$A = \frac{a \times h_a}{2}$	$u = a + b + c$	
Cercle	$A = \pi \times r^2$	$u = 2 \times \pi \times r$	
Parallélépipède rectangle	$V = a \times b \times c$	$O = 2 \times (a \times b + a \times c + b \times c)$	
Cylindre	$V = \pi \times r^2 \times h$	$O = 2 \times \pi \times r \times (r + h)$	
Sphère	$V = \frac{4 \times \pi \times r^3}{3}$	$O = 4 \times \pi \times r^2$	

Tab. 5 : Bases de géométrie

Pour simplifier les calculs, on utilise la valeur approchée par défaut de (Pi) égale à 3,14.

Conversion d'unités

Valeurs		
Force (On utilise la valeur simplifiée de 10 m/s ² pour l'accélération due à la pesanteur g.)	1 N	0,1 kg
	1 daN	10 kg
	1 kN	100 kg
	10 kN	1 t
Longueur	1 mm	1000 μm
	1 cm	10 mm
	1 dm	100 mm
	1 m	1000 mm
	1 km	1000 m
Superficie	1 cm ²	100 mm ²
	1 dm ²	100 cm ²
	1 m ²	100 dm ²
	1 a	100 m ²
	1 ha	100 a 10 000 m ²
	1 km ²	100 ha
Volume	1 cm ³	1000 mm ³
	1 dm ³	1000 cm ³ 1 litre
	1 m ³	1000 dm ³ 1000 litres
Vitesse	1 m/s	3,6 km/h
Son (air à 20°C)	343 m/s	1235 km/h
Temps	1 s	1000 ms
	1 h	3600 s
	1 d	24 h
Température	0°C = 273,15 K	°C = K - 273,15
	0 K = - 273,15°C	K = °C + 273,15
	0°C = 32°F	°C = $\frac{°F - 32}{1,8}$
	0°F = - 17,78°C	°F = (°C * 1,8) + 32
Pression	1 N/mm ²	10 ⁶ Pa 10 at 10 bar
	1 bar	10 ⁵ Pa

Tab. 6 : Conversion d'unités

Densité des matériaux

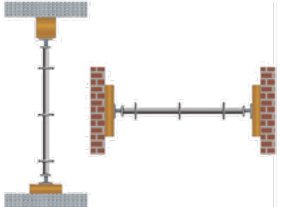
Matériau	Densité en kg/m ³	Densité en t/m ³
Aluminium	2710	2,7
Brique	1800	1,8
Acier de construction	7840	7,8
Béton	2500	2,5
Acier inoxydable	8000	8,0
Fer	7874	7,9
Terre humide	2100	2,1
Plâtre	2300	2,3
Granit	2700	2,7
Brique silico-calcaire	2000	2,0
Gravier	2000	2,0
Cuivre	8960	9,0
Bois dur	800	0,8
Argile	2000	2,0
Pierre naturelle	2700	2,7
Bois tendre	500	0,5
Sable (sec)	1400	1,4
Sable (humide)	2000	2,0
Neige humide	400	0,4
Ballast	1800	1,8
Eau	998	1,0
Ciment	1450	1,5
Pierre de ciment	2200	2,2

Tab. 7 : Densité des matériaux

Flambage sous charge

Ø ou longueur d'arête	Charge admissible en tonnes par rapport à la longueur de l'appui ou de l'élément pour bois tendre						
	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m
8 cm	1,2	0,8	0,55	0,44	0,3	0,25	0,2
10 cm	2,7	1,9	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5
12 cm	4,6	3,7	2,8	2,1	1,6	1,2	1,0
14 cm	7,0	6,0	4,9	3,8	2,9	2,3	1,9
16 cm	9,7	8,6	7,4	6,2	5,0	3,9	3,2
18 cm	13,0	11,7	10,4	9,0	7,0	6,3	5,1
20 cm	16,8	15,2	13,8	12,2	10,8	9,3	7,8

Étais individuel vertical ou horizontal avec système d'échafaudage ou élément structurel comparable (tube en acier, épaisseur minimale du tube : 3,2 mm)

Longueur de l'étais	Capacité de charge	
2 m	15 kN	
3 m	9 kN	
4 m	5 kN	
2 + 1 m	8 kN	
2 + 2 m	5 kN	

Tab. 8 : Charges

Indicateurs protection contre les crues

Sac de sable	cm	vide rempli	30 × 60 25 × 35 × 7	40 × 60 35 × 35 × 8
Poids par sac de sable	kg		10	12
Sacs de sable par palette	unités		90	81
Couches sur la palette			10	9
Poids de la palette	t		0.9	1
Indications de poids du sable	t/m ³	sec humide	1,2 à 1.6 1,8 à 2	
Consommation de sacs de sable	1/m ²		12	9
Consommation de sacs de sable	1/m ³		155	125
Besoin en personnel pour une chaîne humaine pour la construction d'une digue par 10 m			10 membres de la PCi	
Remplissage de sacs de sable à la main par 10 membres de la PCi, pauses incluses			400 sacs/h	
Déplacement de sacs de sable par 10 membres de la PCi, pauses incluses			800 sacs/h	

Tab. 9 : Indicateurs inondations, moyenne des données empiriques

Source : Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)

Construction d'une digue de sacs de sable : dimensions et quantité de matériel utilisé

Digue de sacs de sable de 10 m de long

Mesures du sac de sable	vide rempli	40 × 60 cm 35 × 35 × 8 cm		
Hauteur	8 cm	30 cm	50 cm	100 cm
Base (en diagonale)	1	3	4	8
Largeur de la base $vb = 2h + 1$ sacs	35 cm	105 cm	140 cm	240 cm
Couches	1	4	7	14
Nombre de sacs	30	250	650	1650

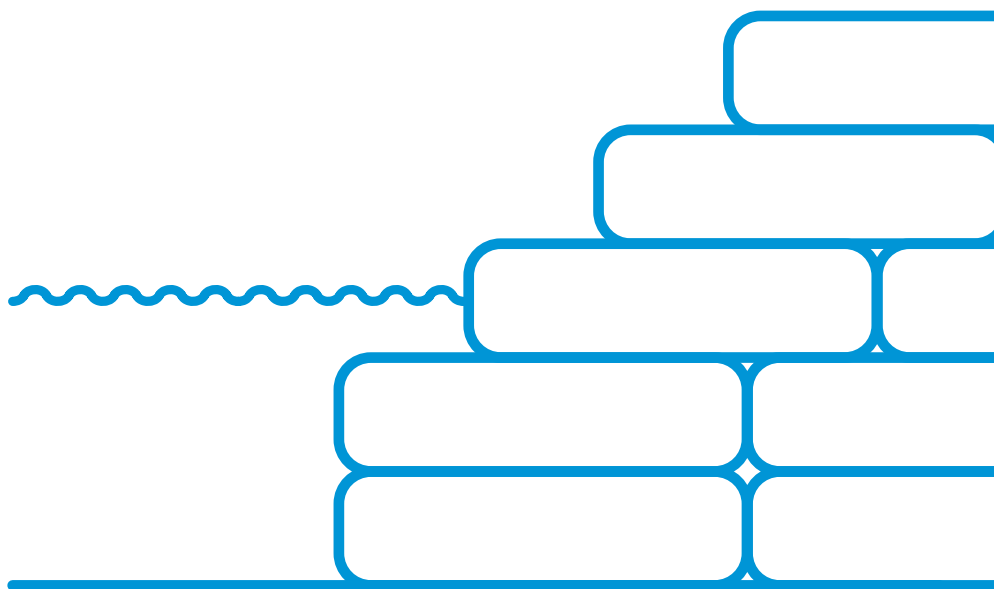
Digue de sacs de sable sur 10 m de long

Mesures du sac de sable	vide rempli	30 × 60 cm 25 × 35 × 7 cm		
Hauteur	7 cm	30 cm	50 cm	100 cm
Base (en diagonale)	1	3	4	8
Largeur de la base $b = 2h + 1$ sacs	35 cm	105 cm	140 cm	240 cm
Couches	1	4	9	16
Nombre de sacs	42	350	1000	2800

Tab. 10 : Construction d'une digue de sacs de sable : dimensions et quantité de matériel utilisé
Source : Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)

Manuel Pionnier

Protection contre les crues



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division protection civile et formation

Version 2025-07

Tables des matières

5	Crues	23	La sécurité lors d'une intervention en cas de crue
5	Causes et déroulement de crues dommageables	23	Dangers et risques
6	Processus intervenant à l'intérieur et le long du cours d'eau	25	Principes tactiques
6	Aperçu	26	Mesures de sécurité et d'urgence
7	Inondation et épandage d'alluvions	26	Prescriptions de sécurité
10	Embâcle ou obstruction de lit	27	Liste de contrôle : évaluation des risques d'intervention et de crue
10	Lave torrentielle	28	Autres mesures de sécurité et d'urgence
12	Érosion / éboulement des berges		
13	Bois flottant	30	Protection mobile contre les crues
14	Processus indépendants du cours d'eau	30	Systèmes de protection stationnaires
14	Aperçu	30	Systèmes de protection mobiles
14	Ruissellement de surface / eau de pente	30	Systèmes planifiés
15	Remontée de la nappe phréatique	31	Systèmes d'urgence
16	Reflux dans les égouts	32	Processus de mise en place d'une protection mobile contre les crues
17	Aperçu d'une intervention en cas de crue	33	Systèmes de protection contre les crues non spécifiques aux lieux
17	Objectif de l'intervention en cas de crue	33	Principes tactiques
18	Délai de pré-alerte et temps d'intervention	35	Scénarios d'intervention
19	Moyens et formation		
20	Points faibles typiques dans des cours d'eau		
21	Aperçu de mesures possibles en cas d'événement		

42	Systèmes mobiles de protection contre les crues, non spécifiques aux lieux	78	Étalement de la digue du côté des terres
42	Systèmes commerciaux ou improvisés	80	Consolider les effondrements et les fissures du côté de l'eau
43	Systèmes de sacs de sable	82	Film d'étanchéité du côté de l'eau
54	Systèmes de panneaux	83	Rehaussement de digue (exhaussement)
57	Systèmes de supports		
61	Systèmes de boudins et systèmes de réservoirs fermés	84	Autres mesures de protection contre les crues
63	Systèmes de barrières déployables	84	Protection d'urgence des berges avec des arbres entiers disposés en épi
64	Systèmes de bassins	84	But et fonction
66	Système d'éléments en béton	84	Principes de l'utilisation
68	Aperçu des conditions liées aux systèmes	85	Travaux d'urgence de mise en sécurité et de réparation
69	Aide à la décision quant à l'utilisation	85	Mise en sécurité de cuves à mazout
		86	Évacuation d'eau des sous-sols par pompage
70	Défense des digues	88	Bibliographie
70	Mesures d'urgence sur les digues de protection contre les crues		
71	Système de classification des dommages		
72	Description et classification des scénarios de dommages		
72	Écoulement traversant ou infiltrant la digue		
74	Fissures et effondrements dans la digue		
76	Érosion du lit majeur		
77	Déversement de la digue		
78	Mesures d'urgence		
78	Patrouille de reconnaissance / garde de digue		

Crues

Causes et déroulement de crues dommageables

La cause la plus fréquente des crues et des inondations réside dans des précipitations extrêmes (p. ex. fortes averses, orages, pluies persistantes, précipitations associées à la fonte de neige).

Les facteurs décisifs influençant la gravité d'une crue sont l'intensité des précipitations, la durée des averses, les caractéristiques du sol, la forme du terrain (pente) et l'aspect (taille) du bassin versant. L'imperméabilisation croissante des sols, l'absence de zones de rétention et la rectification des cours d'eau favorisent des événements de crue intenses.

Des crues et des inondations peuvent aussi survenir sans précipitations pour les raisons suivantes :

- rupture de lacs glaciaires et de poches d'eau
- rupture d'embâcles
- ondes d'origine externe provoquées par des glissements, des chutes de rochers ou des avalanches dans un lac (tsunami)
- tempête lacustre
- débâcle et glaces dérivantes
- rupture de barrages ou de digues de protection
- rupture de conduites d'eau.

lent	moyen	rapide
< 0.5 m/s	< 1.0 m/s	> 1.0 m/s

Tab. 1 : Classement de la vitesse d'écoulement.

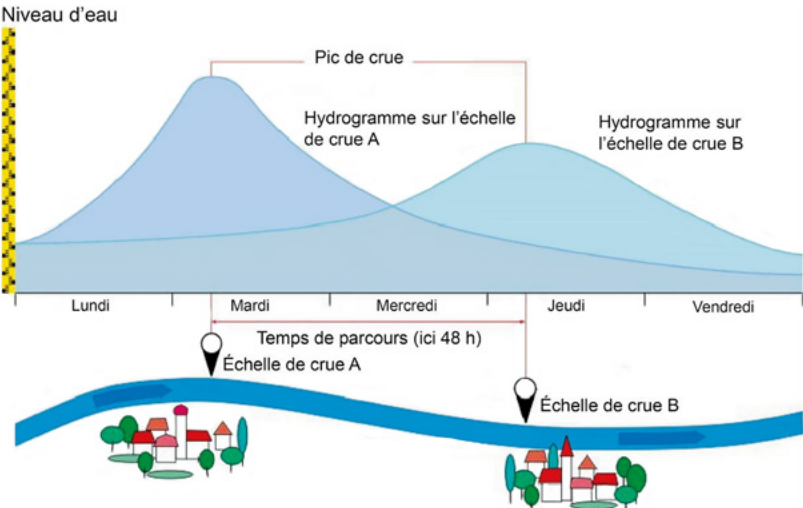


Fig.1 : Exemple de l'hydrogramme relevé sur un cours d'eau (Office bavarois de l'environnement – LfU Bayern)

L'hydrogramme indique le niveau d'eau à un lieu déterminé durant une crue (fig. 1). Tous les événements de crue présentent un hydrogramme caractéristique. La vitesse d'écoulement et la vitesse de montée représentent les principaux paramètres d'évaluation des risques de dommages et des risques encourus par des personnes. Une vitesse d'écoulement élevée et une montée d'eau rapide se produisent souvent dans le cas de torrents et peuvent s'avérer dangereuses. Un événement dynamique de ce genre ne recèle pas seulement de grands dangers, mais les possibilités d'intervention et le temps de réaction à disposition des forces d'intervention sont également le plus souvent restreints.

La vitesse d'écoulement augmente à mesure que

- la pente s'accroît,
- la profondeur d'écoulement ou le débit s'accroît,
- la rugosité du cours d'eau diminue.

Processus intervenant à l'intérieur et le long du cours d'eau

Aperçu

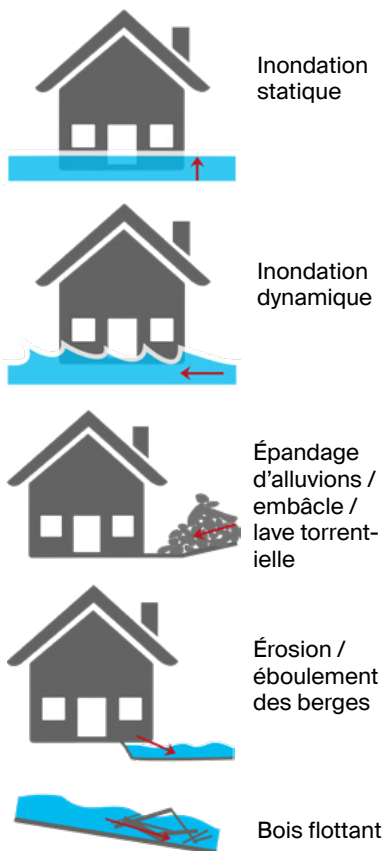


Fig. 2 : Processus intervenant à l'intérieur et le long du cours d'eau (Bruno Gerber, Office des ponts et chaussées du canton de Berne).

Inondation et épandage d'alluvions

L'inondation et l'épandage d'alluvions définissent les états ou les processus dans lesquels l'écoulement d'eau a lieu en totalité ou en partie en dehors du cours d'eau.

Inondation statique

Le niveau d'eau monte sans écoulement notable (terrain plat, par ex. crue d'un lac). Les effets dommageables résultent de la profondeur d'eau et de la surcharge qui y est associée.

Dommages typiques d'une inondation statique :

- submersion de bâtiments et d'infrastructures de transport
- submersion et détérioration ou destruction de digues ou de systèmes d'urgence de protection contre les crues
- remplissage et obstruction des tuyauteries ainsi que reflux dans les égouts
- dépôt de matières en suspension sur une grande surface (boue)
- dissémination de substances dangereuses et d'agents pathogènes
- destruction ou dégradation d'ouvrages de construction dans le sol imputables à la remontée de la nappe phréatique (poussée hydrostatique / pression hydraulique accrues).



Fig. 3 : Inondation statique à Schattdorf UR (fiche d'information Crues et laves torrentielles, OFEV)

Toutefois, le niveau de la nappe phréatique peut aussi monter sans inondation du fait de précipitations prolongées ou de cours d'eau de décharge de crue situés à proximité et causer des dommages en conséquence.

Inondation dynamique

Des courants forts (par ex. dans le cas de torrents, de cours d'eau de montagne ou au niveau de goulets d'étranglement) provoquent le charriage de matériaux et un grand impact de front sur des obstacles.



Fig.4 : Inondation dynamique à Lütschental BE (Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT)

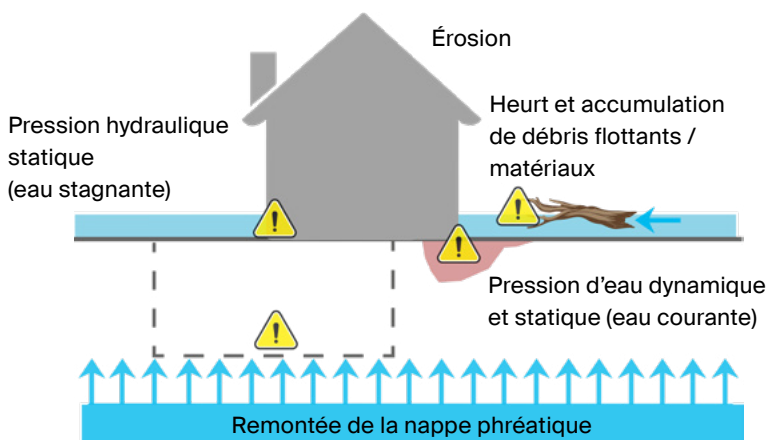


Fig. 5 : Aperçu d'une inondation dynamique / statique (Nils Hählen, Office des ponts et chaussées du canton de Berne).

Épandage d'alluvions

L'inondation dynamique présente une vitesse d'écoulement élevée et elle entraîne de grandes quantités de matériaux charriés et de bois flottant, qui accentuent énormément l'impact de front sur des obstacles. Lorsqu'il reste des matériaux charriés après l'écoulement de l'eau, il est fait état d'un épandage d'alluvions.

Les dommages typiques causés par une inondation dynamique ou un épandage alluvial sont les suivants :



Fig. 6 : Épandage d'alluvions à Fully VS (recommandation Aménagement du territoire et dangers naturels, OFEV).

- dommages corporels, dans la mesure où les personnes ne sont pas protégées ni évacuées
- érosion du lit du cours d'eau ou des berges
- obstruction des goulets d'étranglement dans le cours d'eau (ponts, ponceaux, etc.)
- formation d'embâcles (obstruction du lit)
- atterrissement (alluvionnement) du cours d'eau aux endroits plats
- submersion et détérioration ou destruction de digues ou de systèmes mobiles de protection contre les crues
- endommagement ou destruction d'ouvrages de construction et d'infrastructures de transport
- remplissage des bâtiments avec des matériaux charriés
- dépôt de matériaux charriés et de bois flottant sur une grande surface.

Intensité	faible	moyenne	forte
Valeur limite	$h = 0.5 \text{ m}$ ou $v \times h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0.5 < h < 2.0 \text{ m}$ ou $0.5 < v \times h < 2.0 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2.0 \text{ m}$ ou $v \times h > 2.0 \text{ m}^2/\text{s}$
Effet	Les caves se remplissent, les voitures dérivent. Les personnes se tenant dans les bâtiments ne sont pas mises en danger.	Les fenêtres et les portes éclatent. Les personnes séjournant en plein air et dans des véhicules sont mises en danger.	Les rez-de-chaussée sont sous l'eau, les bâtiments sont détruits. Même à l'intérieur des bâtiments, les personnes sont mises en danger.

Tab. 2 : Évaluation des dangers en cas de crue et d'épandage d'alluvions
(h = profondeur d'écoulement, v = vitesse d'écoulement)

Embâcle ou obstruction de lit

L'embâcle désigne l'obstruction d'un cours d'eau (notamment dans des torrents) due à l'amoncellement de bois, de matériaux charriés, à des glissements de terrain ou à des avalanches. Il survient souvent au niveau de goullets d'étranglement ou d'obstacles (p. ex. à la hauteur des ponts, des ponceaux). Il en découle des remous d'exhaussement dans le cours d'eau (remontée du lit en raison de l'obstacle). Un embâcle constitue un danger potentiel imprévisible. Des embâcles situés dans des tronçons fluviaux éloignés et inaccessibles d'un cours d'eau sont souvent détectés trop tard voire pas du tout.



Fig.7 : Embâcle dans un torrent (PLANAT)

Un embâcle en soi ne cause aucun dommage. Le déversement par-dessus l'obstacle, le débordement provenant du cours d'eau ou, dans le cas de la variante la plus dangereuse, la rupture de l'embâcle engendrent néanmoins des processus dynamiques tels que des inondations, des épandages d'alluvions ou des laves torrentielles avec les dégâts correspondants.

Lave torrentielle

Une lave torrentielle est un mélange s'écoulant rapidement constitué d'eau et de matériaux solides (dans une proportion de 30–70 %). Des blocs pesant plusieurs centaines de tonnes peuvent être alors entraînés. La cause réside le plus souvent dans la rupture d'un embâcle ou dans la liquéfaction du lit du cours d'eau. Les laves torrentielles apparaissent la plupart du temps dans des torrents abrupts. Elles s'immobilisent par contre dans les tronçons fluviaux plats du cours d'eau.

Les coulées de boue de versant ne se produisent pas dans des cours d'eau, mais se forment sur des versants escarpés du fait de la solifluxion ou liquéfaction du sol en pente.

Les laves torrentielles présentent un effet dommageable élevé en raison de leur impact de front extrême, de l'érosion et du dépôt d'éboulis rocheux (débordement de lave torrentielle).

Les dommages typiques d'une lave torrentielle sont les suivants :

- dommages corporels importants, dans la mesure où les personnes concernées ne sont pas protégées ni évacuées
- destruction du cours d'eau y compris des ouvrages de protection sous-dimensionnés
- destruction d'ouvrages de construction et d'infrastructures de transport
- formation d'embâcles avec le danger d'une lave torrentielle ultérieure
- destruction de systèmes mobiles de protection contre les crues
- dépôts importants de matériaux charriés, de bois flottant et de biens emportés.



Fig.8 : Conséquences d'une coulée torrentielle à Bondo GR (OFEV)

Intensité	faible	moyenne	forte
Valeur limite	$h = 0.5 \text{ m}$ ou $v \times h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$h < 1.0 \text{ m}$ ou $v < 1.0 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 1.0 \text{ m}$ ou $v > 1.0 \text{ m}^2/\text{s}$
Effet	Déversement liquide avec peu de matériaux charriés (comme lors d'une inondation).	Bâtiments peuvent subir de graves dommages.	Destruction soudaine de bâtiments, amples dépôts de matériaux charriés, de blocs et de bois.

Tab. 3 : Évaluation des dangers en cas de lave torrentielle (h = profondeur d'écoulement, v = vitesse d'écoulement)

Érosion / éboulement des berges

Par érosion ou éboulement des berges, il faut entendre le transport ou le glissement des talus de rive en raison d'un fort courant. Les courbes et les goulets d'étranglement sont fréquemment touchés.



Fig. 9 : Érosion latérale et en profondeur à Rueun GR
(Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT)

L'érosion ou l'éboulement des berges provoquent les dommages typiques suivants :

- détérioration des voies de circulation et des ouvrages de construction à proximité du cours d'eau du fait de l'effondrement du sol
- rupture des digues et submersion des zones environnantes
- remous d'exhaussement ou embâcle dans le cours d'eau et danger d'une onde de crue, d'un dépôt des matériaux érodés sous la forme d'épandages alluviaux ou d'une lave torrentielle.

Intensité	faible	moyenne	forte
Valeur limite	$d < 0,5\text{ m}$	$0,5 < d < 2,0\text{ m}$	$d > 2,0\text{ m}$
Effet	Entraînement de terre végétale et dommages dus à l'affouillement au niveau des goulets d'étranglement et des rives concaves.	Dégradation de bâtiments normalement munis de fondations ou d'une cave en présence d'écoulements pouvant atteindre un débit de $20\text{ m}^3/\text{s}$ (sans déplacement du cours d'eau).	Écroulement soudain possible de bâtiments. Grave mise en danger des personnes se tenant dans les bâtiments. Déplacement du cours d'eau.

Tab. 4 : Évaluation des dangers en cas d'érosion / d'éboulement des berges
(d = épaisseur moyenne de l'érosion [mesurée perpendiculairement au talus de rive])

Bois flottant

Le bois flottant est constitué de troncs d'arbre, de branches et de rhizomes, qui se retrouvent dans le cours d'eau durant une crue du fait de la force d'entraînement de l'eau et de glissements, de laves torrentielles ou de l'érosion des berges. Ce peut être non seulement du bois flottant, mais aussi du bois provenant de scieries ou d'entrepôts de bois d'œuvre. Les effets dommageables sont induits par une force d'impact élevée et les embâcles.



Fig.10 : Bois flottant LU (energisch.ch)

Les dommages typiques du bois flottant sont les suivants :

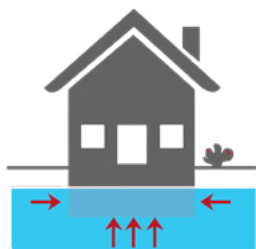
- dommages corporels, dans la mesure où les personnes concernées ne sont pas protégées ni évacuées
- endommagement ou destruction d'ouvrages de construction et d'infrastructures de transport
- formation d'embâcles avec le danger d'une crue brutale ou d'une lave torrentielle
- destruction des systèmes mobiles de protection contre les crues
- dépôts dans le cours d'eau ou sur le terrain.

Processus indépendants du cours d'eau

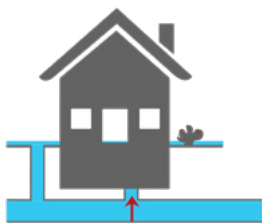
Aperçu



Ruissellement de surface /
eau de pente



Remontée de la nappe phréatique



Reflux dans les égouts

Fig. 11 : Processus indépendants du cours d'eau
(Bruno Gerber, Office des ponts et chaussées du
canton de Berne)

Ruissellement de surface / eau de pente

En cas de fortes précipitations, une partie de l'eau de pluie s'écoule directement à la surface du terrain en direction d'un cours d'eau ou d'une dépression du sol. Un terrain imperméabilisé (par ex. surfaces de circulation, places et surfaces de culture tassées, saturées en eau ou fortement desséchées) favorise alors ce phénomène.

Ce dernier se caractérise par de brefs délais de pré-alerte, par des vitesses d'écoulement élevées et par une faible profondeur d'eau (quelques centimètres). Contrairement aux processus dépendants du cours d'eau, il est la plupart du temps difficile de localiser directement sur place les points faibles potentiels et les zones inondables. Dressée par l'Office fédéral de l'environnement, la carte des risques d'érosion du ruissellement de surface constitue une bonne base d'appréciation.



Fig. 12 : Ruissellement de surface
(Association des établissements cantonaux
d'assurance incendie AEAI)

Les dommages typiques, imputables au ruissellement de surface, sont les suivants :

- dégradation des voies de circulation
- dommages corporels et matériels dus à la submersion des sous-sols de bâtiments

30 – 50 % des dommages causés par des crues dynamiques ne sont pas engendrés par des cours d'eau ou des lacs qui débordent, mais par le ruissellement de surface.

Remontée de la nappe phréatique

Le niveau des eaux souterraines monte à retardement du fait des précipitations ou des inondations. La vitesse de la remontée de la nappe phréatique dépend essentiellement des caractéristiques du terrain.

Les dommages typiques, provoqués par la remontée de la nappe phréatique, sont les suivants :

- dégâts matériels causés par la pénétration d'eau dans les sous-sols de bâtiments
- détérioration ou destruction des murs ou des dalles basses du fait de la pression hydraulique statique dans les sous-sols
- flottement ou basculement de bâtiments entiers sous l'effet de la poussée hydrostatique.

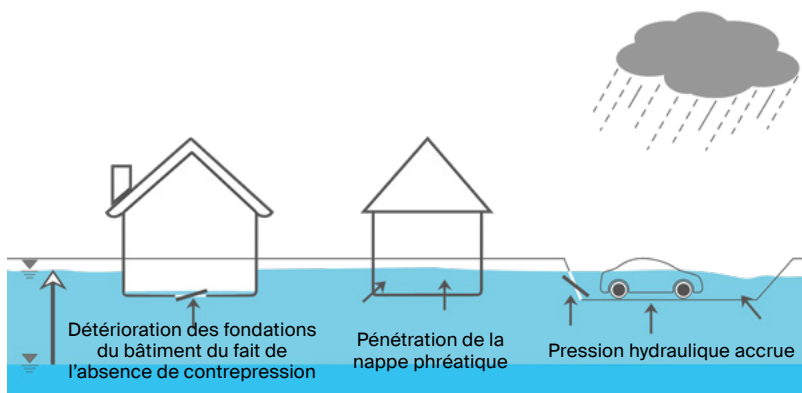


Fig.13 : Inondation et dégradation dues à la remontée de la nappe phréatique (Marc Schürch, OFEV)

Reflux dans les égouts

En cas d'inondations, l'eau s'écoule également dans les égouts et reflue dans les bâtiments. Si ceux-ci ne sont pas équipés de dispositifs à clapet anti-refoulement, les sous-sols sont envahis de l'intérieur par le reflux d'eau.

Les dommages typiques, provoqués par le reflux dans les égouts sont les suivants :

- dommages corporels si des personnes séjournent dans les sous-sols
- dégâts matériels et dégradations des bâtiments

Les processus provoqués par les crues peuvent interférer entre eux et se renforcer ainsi mutuellement.



Fig.14 : Reflux par les égouts (Bruno Gerber, Office des ponts et chaussées du canton de Berne)

Aperçu d'une intervention en cas de crue

Objectif de l'intervention en cas de crue

Le but de l'intervention en cas de crue vise à empêcher ou à limiter les dommages causés aux personnes, aux biens matériels et à l'environnement. Contrairement aux mesures de protection préventives permanentes (ouvrages de protection contre les crues,

reboisements etc.), il s'agit en l'occurrence de mesures d'urgence devant couvrir les risques résiduels. Elles ne sont déclenchées que juste avant ou pendant un événement. Dans l'idéal, ces mesures d'urgence sont déjà prévues, préparées et exercées au préalable dans le cadre de la planification d'engagement et des préparatifs de l'intervention.

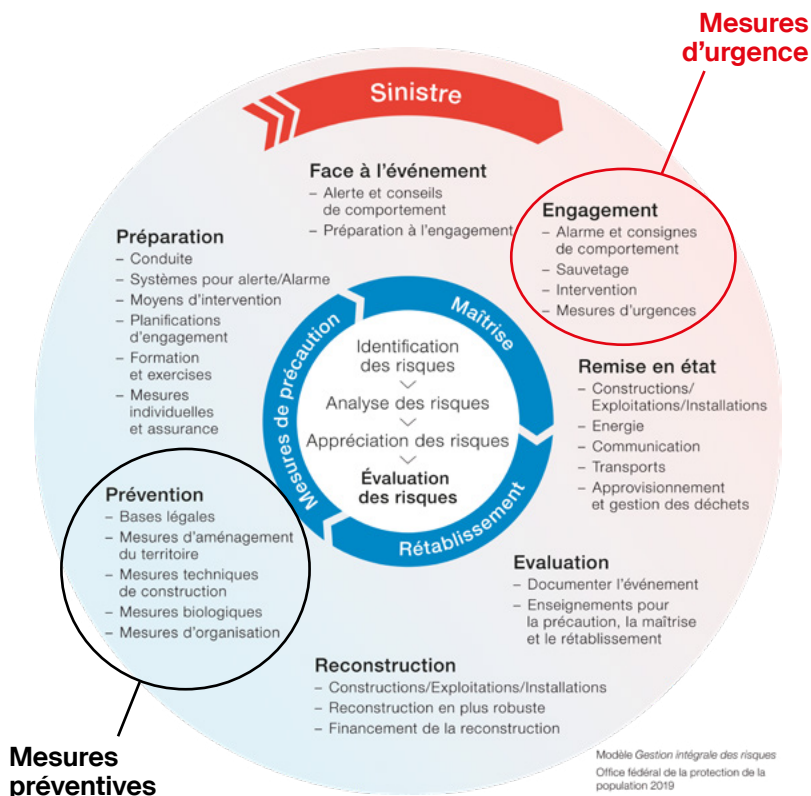


Fig.15 : Gestion intégrale des risques (OFPP)

Délai de pré-alerte et temps d'intervention

Les possibilités et les limites d'une intervention en cas de crue dépendent du délai de pré-alerte et du type de crue. Le délai de pré-alerte désigne la période s'écoulant de la prévision ou de la détection d'un événement de crue jusqu'à la survenue de la crue dommageable. Plus tôt une crue est anticipée, plus il reste du temps pour mettre en place

les mesures d'intervention. Pour définir ces dernières, nous devons donc pouvoir évaluer où nous nous trouvons approximativement et temporellement sur l'hydrogramme. Le temps d'intervention nécessaire à la mise en place d'une mesure doit être plus court que le délai de pré-alerte.

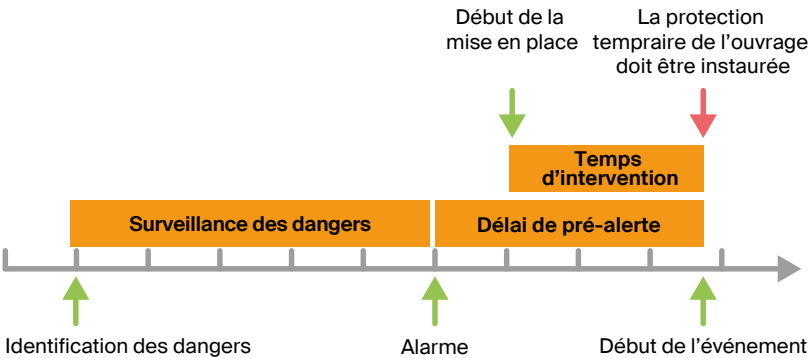


Fig.16 : Déroulement temporel d'un événement (Thomas Egli, Egli Engineering AG)

Identification des dangers	Instant où un danger est décelé
Surveillance des dangers	Durée s'écoulant de la consultation des mesures et des prévisions jusqu'à la décision d'exécuter une intervention
Alarme	Transmission de l'alarme au personnel d'intervention requis
Début de la mise en place	Début du temps d'intervention
Délai de pré-alerte	Durée s'écoulant de l'alarme jusqu'au début de l'événement
Temps d'intervention	Temps nécessaire à la mise en place de la mesure

Tab. 5 : Phases d'un événement.

Il importe de prendre des premières mesures (par ex. évaluation constante de la situation par la surveillance des niveaux d'eau ou des points critiques) le plus tôt possible, dès les signes annonciateurs d'un événement de crue (par ex. bulletin météorologique, situation pluviométrique, crue dans le cours supérieur d'un bassin versant etc.), afin que suffisamment de temps soit disponible pour prendre d'autres mesures en cas d'aggravation croissante.

Dans le cas de bassins versants et de cours d'eau abrupts, le délai de pré-alerte est généralement très bref (p. ex. 30 à 60 minutes pour les torrents). L'événement dynamique présente un haut potentiel de destruction (vitesse d'écoulement élevée, ondes de crue, laves torrentielles, charriage de matériaux, etc.) et une courte durée (hydrogramme à branche fortement montante et descendante). Le plus souvent, le temps fait défaut ou ne suffit pas pour engager des mesures d'intervention avant l'événement. Durant l'événement (point culminant), les mesures sont en général interdites dans la zone dangereuse pour des raisons de sécurité, même pour les forces d'intervention. En outre, en raison des forces agissantes, les mesures techniques exigent des moyens lourds (pelleteuses de grande envergure, systèmes mobiles de protection contre les crues à base d'éléments massifs en béton etc.).

Le délai de pré-alerte peut atteindre plusieurs jours dans le cours inférieur de grands cours d'eau (par ex. dans le cas de lacs). L'événement est généralement moins dynamique, mais il dure en contrepartie plus longtemps (hydrogramme à branche faiblement montante et descendante). Par conséquent, suffisamment de temps est disponible pour engager des mesures d'intervention. Toutefois, il ne faut pas non plus sous-estimer les dangers en la circonstance (par ex. glissements de berge inattendus, défaillance de système ou déversement). Du fait de la moindre dynamique et du temps disponible, les dommages peuvent être évités ou réduits efficacement même avec des mesures techniques simples (sacs de sable, systèmes improvisés à base de palettes et de panneaux, etc.).

Moyens et formation

Même en cas de délais de pré-alerte très serrés, des mesures de protection prometteuses sont réalisables avec des moyens techniques rapidement disponibles et pouvant être utilisés ou mis en place à brève échéance. Si ces moyens sont acquis et dimensionnés de manière ciblée dans le cadre d'une planification d'engagement préalable, leur aptitude fonctionnelle et leur stabilité peuvent être alors optimisées. Des moyens lourds ou massifs sont en partie utilisables même en présence d'événements dynamiques.

De telles mesures techniques ne sont possibles que dans certaines limites avec un équipement léger.

Si les forces d'intervention étudient les mesures définies en raison d'une planification d'engagement et s'exercent régulièrement à les mettre en œuvre, le temps d'intervention requis est raccourci en cas d'événement. Le directeur/la directrice d'intervention ne dispose pas seulement d'estimations approximatives, mais aussi de contraintes temporelles fiables pour exécuter sa planification.

Points faibles typiques dans des cours d'eau

Les points critiques typiques dans un cours d'eau sont les endroits où les tronçons au niveau desquels la section transversale du cours d'eau, la vitesse d'écoulement ou la direction d'écoulement varient.

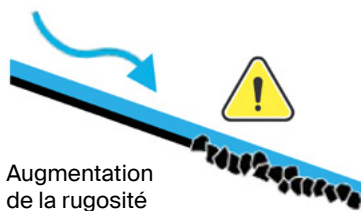
Les points faibles doivent être déjà connus avant un événement et doivent être impérativement observés de près durant l'événement.



Rétrécissement de la section transversale



Diminution de la pente



Augmentation de la rugosité



Obstacles dans la section d'écoulement

Fig.17 : Points faibles dans des chenaux
(Nils Hählen, Office des ponts et chaussées du canton de Berne).

Aperçu de mesures possibles en cas d'événement

Selon le processus à l'origine de la crue et le niveau d'aggravation, il est possible de mettre en œuvre mesures suivantes:

L'intervention de la protection civile se déroule toujours sur mandat de la direction d'intervention.

Mesure	Intervention de la protection civile (PCi)
Alerter la population et lui donner des consignes de comportement : – éviter les cours d'eau – évacuer les biens matériels des sites situés en aval (sortir les voitures des garages souterrains) – protéger les ouvertures de bâtiments – ne pas séjourner dans les sous-sols de bâtiments	Aider éventuellement la population à mettre des biens matériels en sécurité.
Surveiller / Contrôler : – les niveaux d'eau – les points faibles dans le cours d'eau – les ouvrages de protection (digues, barrages, bassins de rétention de matériaux charriés, etc.) – les bâtiments et les infrastructures d'importance dans la zone inondable potentielle	Possible Une fois convoqués, les membres de la protection civile (MPCi) doivent être néanmoins disponibles sur place dans les plus brefs délais.
Barrer / limiter l'accès à des zones vulnérables, à savoir : – les zones inondables / à risques – les voies de circulation, les ponts, les passages souterrains	Possible
Maintenir libre la section d'écoulement et empêcher les embâcles par l'enlèvement permanent de matériaux charriés et de bois flottant aux endroits critiques avec du matériel de chantier lourd.	Improbable Exige des moyens lourds.

Mesure	Intervention de la protection civile (PCi)
Mettre en sécurité les bâtiments, les biens matériels, les cuves à mazout, etc.	Possible
Mettre en place les systèmes mobiles de protection contre les crues : – les systèmes prévus – les systèmes d'urgence	Tâche majeure de la PCi
Renforcer / Sécuriser les digues de protection surchargées ou endommagées	Possible Exige des capacités de transport appropriées (uniquement sous la direction d'un ou d'une spécialiste technique).
Établir des mesures de protection des rives en urgence aux endroits vulnérables.	Tâche majeure de la PCi
Évacuer les personnes, les animaux et les biens matériels des zones particulièrement à risque.	Possible
Sauver les personnes et les animaux enfermés.	Possible Uniquement en coopération avec des équipes de secours spécialisées.
Mettre en place des passerelles en cas de crue à l'intention de la population dans les zones urbaines inondées statiquement.	Tâche majeure de la PCi
Vider par pompage et désobstruer les zones ou les bâtiments inondés : – les caves – les ponceaux / les passages souterrains – etc.	Tâche majeure de la PCi N'est exécutée en règle générale qu'après l'événement durant la remise en état.

Tab. 6 : Mesures en cas d'événements de crue.

La sécurité lors d'une intervention en cas de crue

Dangers et risques

Le travail effectué dans le courant d'un cours d'eau en crue se caractérise par le danger pour le personnel d'intervention d'être emporté ou de dériver. La force de l'eau est souvent sous-estimée. Déjà à une faible profondeur, la stabilité de personnes même expérimentées n'est plus garantie en cas d'écoulement dynamique.

Règle empirique applicable à l'existence d'un danger encouru par des personnes adultes : **vitesse d'écoulement $\times$ profondeur de l'eau > 0.5**

À partir d'une hauteur d'eau de 50 à 60 cm, même une voiture se met à flotter. En présence de vitesses d'écoulement de 3 m/s, 20 à 30 cm suffisent déjà à emporter un véhi-

cule. Il existe un danger d'éboulement dans des caves, des fosses, des cages inondées ou dans les égouts. Lors de la désobstruction des prises d'eau encombrées, il se produit un fort effet d'aspiration risquant de happer des personnes. De plus, un danger de noyade menace les personnes qui sont encordées dans le courant ou parce que leurs cuissardes se sont remplies d'eau.

Travaux en eaux troubles : risque de chute dans des ouvertures du sol et des trous inondés. Du fait de l'eau trouble, il n'est plus possible de savoir ce qui se cache dessous même à une faible hauteur d'eau. Ce danger n'est pas seulement encouru par des personnes, mais aussi notamment par des véhicules d'intervention.

	sans écoulement	avec écoulement
Intervention possible	Hauteur de botte (env. 30 cm) 	Hauteur de botte (env. 10 cm) 
Limites de la possibilité d'intervention	Hauteur de botte (env. 100 cm) 	Hauteur de botte (env. 30 cm) 

Fig. 18 : Directives à observer lors d'interventions dans l'eau
(Nils Hählen, Office des ponts et chaussées du canton de Berne)



Fig.19 : Chute d'un véhicule à cause du sapement d'une route (photo du quotidien Luxemburger Wort)

Autres dangers :

- écoulement d'éléments de construction, de bâtiments, de routes ou de ponts (par ex. du fait de l'érosion des berges)
- risque d'être surpris par des ondes de crue ou des laves torrentielles survenant subitement (causées par ex. par la rupture d'embâcles)
- défaillance d'ouvrages de protection ou de systèmes mobiles de protection contre les crues s'accompagnant ensuite d'une onde de crue
- heurt de débris flottants (par ex. bois, conteneurs, matériaux charriés, etc.)
- électrocution (par ex. dans des bâtiments)
- coupure de la voie de repli (par ex. écoulement autour du lieu d'intervention ou dans les bâtiments)
- expulsion brusque des plaques d'égout
- ouverture violente des portes entraînant une onde de crue lors de l'accès aux locaux inondés (par ex. caves, abris). La pression hydraulique exercée sur une porte s'élève à env. 2 t pour une hauteur d'eau de 2 m
- remontée des cadavres d'animaux domestiques et de rente à la surface des eaux, dissémination de substances infectieuses (par ex. contenus des fosses septiques et des égouts)
- suspension de liquides combustibles et d'autres substances dangereuses
- réaction chimique entre diverses substances entreposées dans les complexes industriels du fait de la pénétration d'eau
- déshydratation, surchauffe ou coup de chaleur en cas de canicule estivale
- hypothermie et épuisement

Principes tactiques

Une intervention n'est effectuée dans la mesure du possible qu'après concertation avec un spécialiste (ingénieur-e hydraulicien-ne, conseiller-e local-e en dangers naturels, etc.). Une intervention en cas de crue constitue une activité présentant des dangers particuliers. En principe, les supérieurs hiérarchiques sont tenus d'élaborer et de mettre en œuvre un plan de protection. Celui-ci comprend les éléments suivants :

- une analyse des dangers et des risques,
- la définition et l'injonction de mesures de protection,
- le contrôle du respect et de l'efficacité des mesures de protection,
- un plan d'urgence et de secours.

Lors de l'analyse des dangers et des risques, il faut non seulement évaluer la place sinistrée ou le lieu d'intervention et la situation actuelle, mais aussi tout le processus ou l'espace dans lequel il se déroule, ainsi que les dangers potentiels y existant :

- type de processus (dynamique, montée des eaux, durée, vitesse d'écoulement, etc.)
- qu'est-ce qui peut (encore) se passer ?
- danger d'ondes de crue, de glissements ou de laves torrentielles
- météo
- etc.

Procédure défensive	N'exécuter que des sauvetages dans les zones déjà inondées, mais ne mettre en œuvre aucune mesure pour protéger des biens matériels.
Respect d'une distance de sécurité	Positionner les véhicules et le matériel à une distance suffisamment éloignée de l'eau.
Stabilité	Dans le cas de systèmes de protection contre les crues établis en urgence sans preuve de stabilité, toujours s'attendre à ce qu'ils puissent céder à tout moment et sans prévenir.
Zones de risque	Définir les zones de risque donnant lieu à une autorisation de séjour, par exemple : Zone brûlante = danger de mort imminent Zone chaude = danger (seules les forces d'intervention sont permises) Zone froide = aucun danger

Tab. 7 : Principes tactiques dans le cas d'un événement de crue

Mesures de sécurité et d'urgence

Prescriptions de sécurité

Extrait des directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile.

Art. 20

¹ Les personnes astreintes doivent porter un gilet de sauvetage lors de travaux à proximité de l'eau ou dans l'eau :

- a. quand il y a un danger de noyade ;
- b. lors de la traversée d'un cours d'eau.

² Il y a danger de noyade lorsque :

- a. la profondeur de l'eau est supérieure à 1 m ;
- b. la vitesse du courant est supérieure à 1 m par seconde et la profondeur de l'eau supérieure à 50 cm.

En cas de danger de noyade, aucune personne astreinte ne doit se mettre à l'eau.

³ Lorsque des personnes sont assurées au moyen d'une corde dans ou sur un cours d'eau, toute chute dans l'eau doit être exclue.

Liste de contrôle : évaluation des risques d'intervention et de crue

	I	E	P	O	Risque de crue (niveau max. déroulant de tous les critères)
Critère	Intensité de la pluie	Écoulement	Processus de seuils	État des ouvrages de protection	
État	↗	↗	Impossible	Légèrement sollicité	Modéré
	→	→	Possible	Fortement sollicité	Élevé
	↗	↗	Probable	Trop sollicité	Très élevé
	?	?	Inconnu	Inconnu	Imprévisible
Remarque	- Observation - Points de mesure - Radar	- Observation - Points de mesure	- Embâcle dans le cours supérieur - Glissement	- Franc-bord du cours d'eau - Volume de rétention disponible - Collecteur	

	Prof	Éc	Prox	Risque de l'intervention (niveau max. déroulant de tous les critères)
Critère	Profondeur de l'eau	Vitesse d'écoulement	Proximité de l'eau	
État	À sec	Aucune	Loin de l'eau	Modéré
	Jusqu'à 0,3 m	Faible < 1,0 m/s	Proche de l'eau $\Delta h > 5 \text{ m}$, $\Delta L > 20^\circ$ largeur du cours d'eau	Élevé
	Supérieure à 0,3 m	Grande > 1 m/s	Sur / Au bord de l'eau $\Delta h < 5 \text{ m}$, $\Delta L < 20^\circ$ largeur du cours d'eau	Très élevé

Fig. 20 : Liste de contrôle de la sécurité au cours d'une intervention en cas de crue
(Niels Hählen, Office des ponts et chaussées du canton de Berne)

Autres mesures de sécurité et d'urgence

Propre sécurité	Est toujours prioritaire et doit être systématiquement prise en considération.
	S'attendre à l'impensable.
	Utiliser un équipement de protection individuel.
Surveillance / Observation	Ne pas effectuer ce travail seul.
	Lieu d'intervention et sources de danger potentielles.
Poste d'alerte	Le placer à une distance suffisante par rapport au lieu d'intervention et l'équiper de moyens de communication (toujours deux systèmes indépendants, par ex. matériel radio et téléphone portable).
Critères d'alarme / de repli	Définir des directives claires (par ex. niveau de l'eau, bois flottant, signes annonciateurs d'un déversement, décrue soudaine de l'écoulement fluvial, amoncellement dans le cours supérieur, etc.).
Alarme	Organiser la transmission d'alarme sur le lieu d'intervention et aviser tout le monde du comportement à adopter dans le cas d'une alarme.
Voies d'évacuation / Point de rassemblement	Les définir, les signaler et en garantir le libre accès.
Sauvetage	Assurer le sauvetage interne / externe (matériel de sauvetage, site, liaison, voie d'accès pour les véhicules de secours) et le service sanitaire.
Liaison	Assurer la liaison avec d'autres formations d'intervention en amont et en aval du lieu d'intervention.
Assurance avec une corde	En cas de nécessité, assurer les forces d'intervention avec des cordes (si possible uniquement à la verticale depuis le haut, la personne devant pouvoir être hissée à tout moment). Si une personne vient à chuter dans le courant, elle risque d'être tirée sous l'eau en raison de l'assurance par la corde et de se noyer. Ne pas porter de cuissardes.
Non-nageurs	Les non-nageurs doivent être spécialement signalés et gardés sous surveillance. Les forces d'intervention travaillant directement au bord, dans ou au-dessus de l'eau doivent savoir nager.

Cuissardes	L'utilisation de cuissardes n'est autorisée que dans des eaux stagnantes d'une profondeur max. de 50 cm. Elles ne doivent pas être employées dans des eaux présentant du courant ou dans des embarcations.
Éviter de franchir des zones inondées	Ne pas marcher dans de l'eau trouble ou s'écoulant avec un fort courant (si cela s'avère malgré tout nécessaire, il est indispensable de sonder continuellement son chemin avec une perche).
Si possible, ne pas rouler dans des zones inondées	Exception : les franchir au pas avec des véhicules lourds jusqu'à une profondeur d'eau de 30 cm après reconnaissance préalable par une personne marchant devant avec une perche.
Zone riveraine	Ne pas la franchir à pied en cas de sapement.
Éclairage	En cas de travaux de nuit : toujours bien éclairer les lieux d'intervention et d'observation.
Sans mission	Se tenir à l'écart des eaux.
Dangers environnementaux	Beaucoup boire et utiliser une protection solaire.
Hygiène	Au moment de quitter le lieu de travail, se laver d'abord les mains ou les désinfecter, puis nettoyer les vêtements très sales ou les changer.
	Travailler « proprement », ne pas mettre en contact ses muqueuses avec l'environnement durant l'exécution des tâches (risque de contamination par des agents pathogènes dangereux).
	Séparer clairement l'espace de détente et le local de restauration du lieu de travail.

Tab. 8 : Aperçu des différentes mesures de sécurité et d'urgence

Protection mobile contre les crues

Systèmes de protection stationnaires

Les systèmes de protection stationnaires constituent des mesures de protection permanentes à caractère structural, qui sont en grande partie opérationnelles sans action extérieure et qui garantissent durablement l'effet protecteur prévu (digues protectrices / murs d'endiguement, barrages de rétention de sédiments, barrages de correction torrentielle, etc.).

Systèmes planifiés

Les systèmes planifiés ont été prévus et dimensionnés au préalable pour un site. En l'occurrence, il peut s'agir de systèmes spécifiques aux lieux ou non. Les systèmes spécifiques à l'endroit exigent auparavant des mesures à caractère structural sur le site d'intervention (par ex. systèmes de batardeaux).

Systèmes de protection mobiles

Les systèmes de protection mobiles ne sont acheminés et montés sur place qu'en cas d'intervention. Il est fait alors la distinction entre les systèmes planifiés et ceux mis en place dans l'urgence.



Fig. 21 : Système de batardeaux (Weber Hochwasserschutz Systeme WHS)

Systèmes d'urgence

Les systèmes d'urgence ne sont pas spécifiques aux lieux et ne nécessitent aucune planification ni aucun dimensionnement préalables. Ils sont utilisables avec souplesse (par ex. systèmes de sacs de sable, de panneaux, de boudins).

Si des systèmes d'urgence sont envisagés et dimensionnés au préalable (par ex. dans le cadre d'une planification d'intervention), ils sont alors assimilables à des systèmes planifiés.



Fig.22 : Système de sacs de sable (OFPP)

L'établissement de systèmes de protection contre les crues mobiles et non spécifiques aux lieux constitue une tâche essentielle de la protection civile. Les explications suivantes se focalisent donc avant tout sur ce type de systèmes de protection.

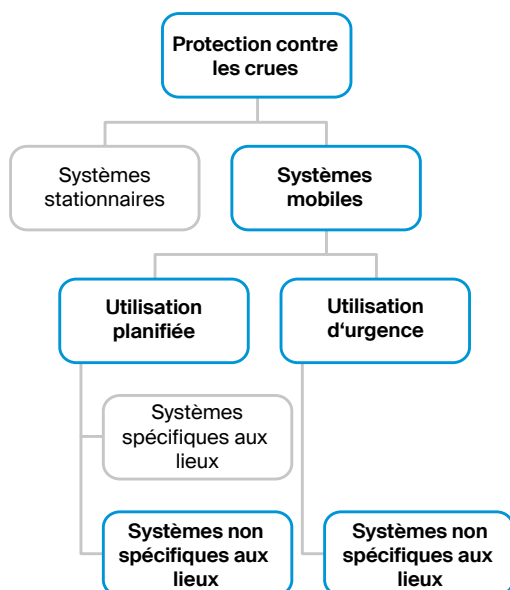


Fig.23 : Organisation des systèmes de protection contre les crues

Processus de mise en place d'une protection mobile contre les crues

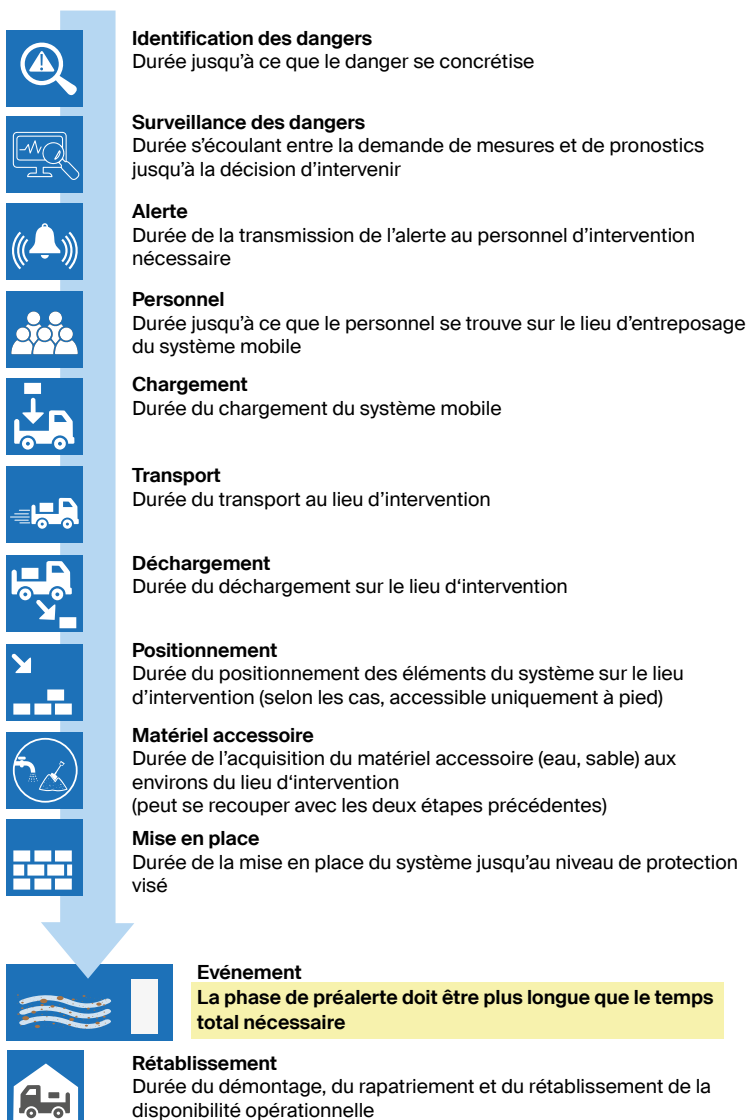


Fig. 24 : Processus de mise en place d'une protection contre les crues (AEA)

Systèmes de protection contre les crues non spécifiques aux lieux

Principes tactiques

Les systèmes assurant la protection contre les crues mobile et non spécifique aux lieux sont toujours associés à un certain degré d'incertitude. Ils peuvent non seulement jouer leur fonction protectrice, mais présenter aussi un danger supplémentaire en cas d'utilisation irréfléchie. Une éventuelle rupture du système ne doit pas mettre les personnes davantage en danger. Pour s'en assurer, il convient de respecter les mesures de sécurité suivantes :

Les systèmes mobiles de protection contre les crues, non spécifiques aux lieux, ne servent qu'à empêcher les dommages matériels et non à protéger les personnes.

Les systèmes mobiles de protection contre les crues, non spécifiques aux lieux, ne se prêtent en principe à l'emploi qu'en cas d'inondations de faible intensité. En présence d'une hauteur d'inondation moyenne (0.5–2.0 m) et d'un bref délai de pré-alerte, ces systèmes ne sont utilisables que de manière très restreinte.

Hauteur de la protection maximale recommandée :

- Utilisation d'urgence: 0,6 m
- Utilisation planifiée: 1,2 m

Des zones de risque doivent être définies dans le secteur du système et leur accès doit être barré aux passants :

- Hauteur de la protection jusqu'à 0,6 m → Largeur de la zone de risque 5–10 m
- Hauteur de la protection 0,6–1,2 m → Largeur de la zone de risque 10–20 m
- Hauteur de la protection 1,2–2 m → Largeur de la zone de risque 20–50 m

Règle empirique :

Zone de risque = $20 \times$ la hauteur du système

La zone de risque sert à absorber ou à atténuer d'éventuelles ondes de crue (en réduisant leur intensité). Elle ne doit être franchie que par les forces d'intervention pour leurs tournées d'inspection. L'état des systèmes de protection doit être vérifié par des tournées d'inspection régulières. Aucun dépôt de matériel ni aucune installation ne sont permis dans la zone de risque.

Critère	Utilisation d'urgence	Intervention planifiée
Lieu d'intervention	Inconnu	Connu
Délai de pré-alerte	Sortie dès la transmission de l'alarme	Pré-alerte ou alarme
Choix du système	Disponibilité en cas d'événement	Choix du système avant l'événement
Dimensionnement / cas de charge	Aucun dimensionnement	Dimensionnement réalisé par des spécialistes
Hauteur de la protection max. recommandée	0,6 m	1,2 m
Montage du système	Selon les consignes du/de la directeur-trice d'intervention sur place	D'après le plan d'urgence
Contrôle du montage	Recommandé	Indispensable
Zones de risque	Recommandées	Indispensables
Tournées d'inspection	Indispensables	Indispensables
Démontage du système	Selon les consignes du/de la directeur-trice d'intervention	D'après le plan d'urgence

Tab. 9 : Comparaison des modalités d'utilisation des systèmes de protection contre les crues.

Dans le cas d'un écoulement d'eau, les systèmes de protection ne doivent jamais être mis en place perpendiculairement au courant, mais si possible parallèlement ou en biais. Les plus grandes énergies apparaissent à proximité d'un cours d'eau. Si une « zone inondable » suffisamment dégagée est disponible, les systèmes de protection ne doivent jamais être installés directement au niveau du cours d'eau, mais à une distance acceptable. Les raisons en sont les suivantes :

- L'eau se répartit sur une grande surface, perdant ainsi beaucoup en hauteur d'écoulement et en énergie.
- La stabilité et l'aptitude fonctionnelle du système de protection sont mieux garanties.
- Des systèmes de protection plus simples et moins résistants sont aussi utilisables, le cas échéant. Davantage de systèmes peuvent être ainsi mis en place en même temps.
- Les forces d'intervention sont moins mises en danger lors des travaux d'installation.

Si des systèmes mobiles de protection contre les crues édifiés en urgence sont débordés, il faut s'attendre à tout instant à leur défaillance.

Cette dernière peut être due par ailleurs à un glissement, à un basculement, à un manque de stabilité interne, à un défaut d'étanchéité, à un effondrement de terrain, à un écoulement d'eau souterrain ou à une remontée de nappe phréatique. Si de graves dommages risquent de se produire dans le cas d'une défaillance du système de protection contre les crues, il est possible moyennant assez de matériel et de temps de mettre en place un second système en redondance derrière le premier (suffisamment espacé de celui-ci).

Si les dénivellations topographiques du terrain ne sont pas clairement perceptibles (terrain légèrement accidenté ou plat), il est indiqué d'utiliser des instruments de mesure simples (p. ex. niveau, mire, laser de construction, etc.) pour pouvoir placer stratégiquement les systèmes de protection contre les crues sur les sites optimaux.

Scénarios d'intervention

Délimitation

Dans la protection contre les crues, la distinction est faite en général entre la protection de bâtiments individuels (protection d'ouvrage) et des mesures de protection collective (concernant plusieurs bâtiments, villages / parties de village, quartiers, etc.).

Le/la propriétaire est en principe responsable de la protection d'un bâtiment. Il/elle en assume la responsabilité, sachant que les forces d'intervention l'aident autant que possible. L'expérience montre toutefois que les forces d'intervention se heurtent très vite aux limites de leurs capacités, notamment dans les zones urbaines. Elles doivent fixer des priorités et donc focaliser leur attention la plupart du temps sur des mesures de protection collective et/ou sur la sauvegarde de certaines infrastructures importantes.

Évacuation sur des terrains en pente

Cette technique est utilisée dans les espaces montagneux, dans les régions plus plates et dans les zones urbanisées pour évacuer l'eau. Le système permet de former un couloir d'écoulement jusqu'à un cours d'eau récepteur. Le système doit pouvoir surmonter les inégalités du sol, les pentes, les passages au-dessus de bordures de trottoir et les inflexions dans l'inclinaison longitudinale, la hauteur de retenue nécessaire étant plutôt faible.

Un dévers est à prévoir au niveau des rives extérieures de courbes. Une pression hydraulique dynamique et statique s'exerce sur le système en le rencontrant en parallèle ou sous un certain angle. La vitesse d'écoulement de l'eau déversée se situe dans l'ordre de grandeur de 0,5 à 3 m/s. De plus, il est très vraisemblable que l'eau entraîne de la terre et des graviers.

Veiller à la stabilité de la pente : aucune coulée de boue de versant ne doit être déclenchée par la dérivation.

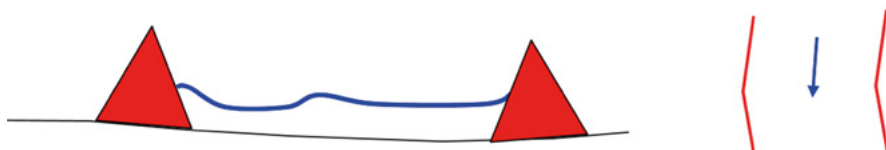


Fig.25 : Exemple d'évacuation sur des terrains en pente (AEAI)

Protection annulaire en présence d'une dépression du sol

Le système est utilisé dans des zones d'inondation plates et des dépressions du sol. Le bâtiment est protégé de la crue par le système annulaire. Des fuites, le reflux provenant des égouts, les eaux souterraines et infiltrantes peuvent entraîner néanmoins une inondation intérieure.

L'eau pénétrante peut être rejetée de nouveau continuellement à l'extérieur au moyen de pompes. La pression hydraulique statique s'exerce sur le système. L'écoulement de faible intensité agit en général de front sur le système. Il faut s'attendre à des remous en présence de grandes étendues d'eau environnantes.

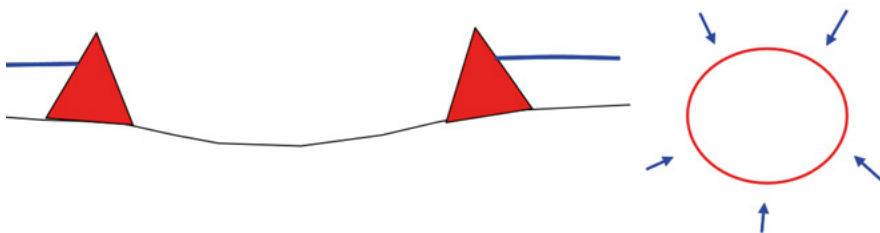


Fig. 26 : Exemple d'un système annulaire de protection contre les crues (AEAI)

Barrage d'écoulements d'eau sur les routes

Le système doit permettre d'isoler une route transversalement. Une exigence essentielle du système réside dans le raccordement étanche au niveau de la limite latérale supérieure (mur, façade, talus, etc.). À cette fin, le système doit pouvoir être adapté avec souplesse dans sa longueur.

La pression de l'eau tant statique que dynamique s'exerce alors. De plus, du bois flottant et des matériaux charriés risquent de heurter le système. La vitesse d'écoulement atteint un ordre de grandeur de 0,5 à 3 m/s.

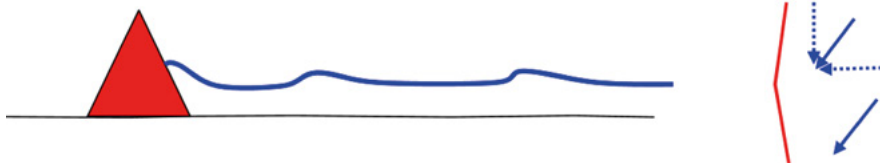


Fig.27 : Exemple de barrage empêchant l'écoulement d'eau sur une route (AEAI)

Protection linéaire au bord des lacs

Le système exerce une protection linéaire le long de la rive à préserver. L'étanchéité par rapport aux différentes caractéristiques du terrain et aux passages à niveau est nécessaire. De l'eau peut toutefois pénétrer du fait de fuites, du reflux provenant des égouts ainsi que des eaux souterraines et infiltrantes. Celle-ci peut être refoulée en permanence à l'aide de pompes.

Plus de temps est généralement disponible pour la mise en place que ce n'est le cas s'agissant de cours d'eau. Le temps d'utilisation jusqu'au démontage peut couvrir des jours voire des semaines. Il est indispensable de faire attention au vandalisme et d'assurer la surveillance du système. La pression hydraulique statique s'exerce sur le système. Le système doit être surveillé avec une attention extrême en cas d'événements de tempête, de déferlantes et de remous.



Fig. 28 : Exemple d'un système longeant la rive d'un lac (AEAI)

Protection linéaire le long de cours d'eau (pente < 5 %)

Le système protège les zones urbanisées le long des rivières et des fleuves. En raison du bref délai de pré-alerte (la plupart du temps), il doit pouvoir être mis en place en l'espace de quelques heures (souvent des deux côtés). L'étanchéité est cruciale par rapport aux différentes caractéristiques du terrain et aux passages à niveau. Les hau-

teurs de retenue sont nettement supérieures à celles du scénario « Évacuation sur des terrains en pente » (voir page 35). La pression hydraulique tant statique que dynamique s'exerce alors sur le système. La vitesse d'écoulement se situe dans l'ordre de grandeur de 0,5 à 3 m/s. Des actes de vandalisme, le heurt de bois flottant et, dans le cas de larges cours d'eau, des remous ne sont pas à exclure.

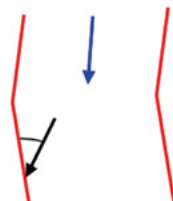
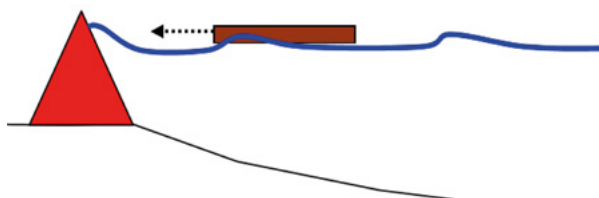


Fig. 29 : Exemple d'un système parallèle au cours d'eau (AEAI)

Protection linéaire le long de cours d'eau (pente > 5 %)

Ce scénario pose les exigences les plus sévères au système et aux forces d'intervention. Du fait de la dynamique, les impacts sur le système sont considérablement accrus (bois flottant, matériaux charriés, jets de lave torrentielle). En raison du bref délai de pré-alerte (le plus souvent), la mise en place doit pouvoir être exécutée très rapidement. Le but visé n'est pas l'étanchéité, mais la capacité de résister aux importants effets dynamiques jusqu'à la décrue. La pression hydraulique

tant statique que dynamique agit alors sur le système. La vitesse d'écoulement se situe dans l'ordre de grandeur de 2 à 4 m/s. En plus du heurt de bois flottant, il faut s'attendre à la sollicitation induite par les matériaux charriés et à l'apparition de vagues.

Le système doit être monté de manière à ce que l'angle d'afflux ne soit pas supérieur à 45°.

Les forces d'intervention sont exposées à un grand danger si elles se tiennent à proximité du système durant la crue.

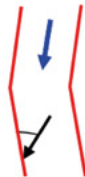
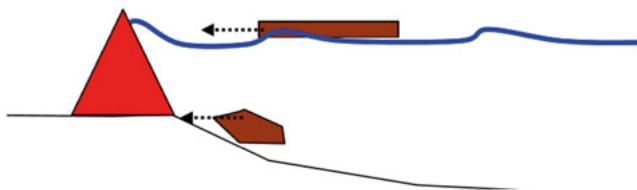


Fig. 30 : Exemple d'un système de protection linéaire le long d'un torrent.
Des débris flottants et des matériaux charriés exercent des contraintes supplémentaires sur le système (AEAI)

Systèmes mobiles de protection contre les crues, non spécifiques aux lieux

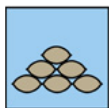
Systèmes commerciaux ou improvisés

Les systèmes commerciaux sont spécialement conçus pour protéger contre les crues. Le fabricant définit exactement les options d'utilisation, les prescriptions de sécurité, l'installation et l'entretien. Les systèmes sont dimensionnés pour l'intervention prévue et la responsabilité du fait des produits du fabricant s'applique en l'occurrence. L'utilisateur-trice doit uniquement évaluer lui/elle-même la sécurité structurale du sol sur place. En général, les systèmes commerciaux sont montés plus rapidement. Ils sont donc évoqués dans le cadre de ce document technique, mais ne sont pas traités en profondeur.

Les systèmes improvisés sont assemblés à partir de matériaux de construction simples, faciles à se procurer (p. ex. panneaux de coffrage, palettes Europe, films en matière plastique, sacs de sable, fers d'armature, bois de construction). Les constructions reposent sur l'expérience et les idées des forces d'intervention. Les constructions et les aspects varient fortement suivant le pays, la région ou l'organisation.

Il n'existe par conséquent aucune instruction de montage ni aucune prescription contraignante. Les systèmes sont fondés sur des valeurs empiriques et ponctuellement sur les calculs ou les documents de construction des organisations d'intervention. Finalement, le/la constructeur-trice est lui/elle-même responsable de l'aptitude à l'emploi et de la sécurité structurale d'une construction.

Les systèmes improvisés sont plus longs à mettre en place, mais peuvent s'adapter à pratiquement toutes les situations. C'est pourquoi ce document technique aborde les systèmes improvisés d'une manière plus approfondie. Les indications fournies doivent servir de valeurs indicatives et de moyens d'orientation à l'utilisateur-trice et l'aider ainsi à éviter des erreurs durant l'emploi. Les données reposent sur des documents techniques et sur les analyses d'organisations d'intervention et de services spécialisés reconnus. De par la grande flexibilité et les possibilités quasiment illimitées des moyens disponibles, les organisations d'intervention doivent en fin de compte décider elles-mêmes comment elles souhaitent les utiliser.



Systèmes de sacs de sable

Les systèmes de sacs de sable sont mondialement connus et sont le plus fréquemment utilisés contre les crues du fait de leur simplicité. Même des personnes novices peuvent s'en servir.

Avantages

- Grande souplesse : Ils peuvent s'adapter pratiquement à tous les terrains
- Stabilité relativement élevée (système agissant par gravité)
- Grande disponibilité des matériaux (sacs, sable)
- Simple et apte à l'emploi par des miliciens
- Éléments pouvant être portés par une personne
- Ne requiert aucun équipement spécial

Inconvénients

- Chronophage
- Exigeant en personnel
- Requérant une chaîne logistique bien conçue

Options d'utilisation

- Protection de petites zones dans le bâtiment (sopiraux, portes, ouvertures dans le sol, portails, etc.)
- Digue de protection de longueur variable pour protéger des zones plus grandes
- Renforcement des digues, des barrages ou des murs existants
- Consolidation des digues ébranlées pour éviter une rupture ou fermeture de brèches
- Étanchéification, lestage ou raccrochage d'autres systèmes mobiles de protection contre les crues

Emploi de sacs de sable

Sac :

- Jute ou matière plastique. Le jute glisse moins que la matière plastique et s'adapte mieux au terrain. Il existe aussi sur le marché des sacs doubles, reliés entre eux. Ils permettent de réaliser des endiguements plus stables.
- Dimensions habituelles L x l (vide) : 70 x 35 cm, 80 x 40 cm
- Hauteur (rempli) env. 10 cm

Matériau de remplissage :

- Sable 0 – 8 mm
- Mélange sable-gravier 0 – 16 mm
- Sable de concassage, gravillons, verre pilé

Remplissage :

- $\frac{2}{3}$ à max. $\frac{3}{4}$ du volume doivent être remplis. Seuls des sacs de sable déformables et souples permettent de dresser des endiguements stables et denses. Des sacs trop remplis sont inutilisables.
- Conseil : remplir le sac de sable ouvert jusqu'à env. 50 %. Il en résulte un degré de remplissage approximatif de $\frac{2}{3}$ lorsque le sac de sable est lié.

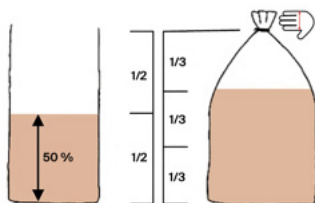


Fig. 31 : Remplissage de sacs de sable
(organisme d'aide technique, THW)

Besoins en matériaux :

- 1 m^3 sable ≈ 70 sacs
- 1 t sable ≈ 50 sacs

Poids par sac :

- 12–20 kg
- Les sacs ne doivent pas peser plus de 15 kg, vu qu'ils doivent être transportés et mis en place le plus souvent à la main en fin de parcours (chaîne humaine). Si les sacs sont trop lourds, les forces d'intervention se fatiguent très vite et doivent être déjà remplacées au bout d'une brève période. Le danger d'accident s'accroît par ailleurs.

Méthodes de remplissage :

- Avec la pelle, des rampes de chargement, des moyens de remplissage manuels simples tels que des entonnoirs métalliques, des cônes de balisage coupés et une échelle, des trémiss spéciales, etc. (fig. 32–35).
- Avec des remplisseuses spéciales. Celles-ci sont parfois même équipées de machines servant à coudre les sacs. Des rendements nettement supérieurs peuvent être obtenus avec ces appareils spéciaux. Cependant, ces derniers doivent être disponibles ; ils exigent en plus parfois un petit engin de chantier pour le chargement (fig. 36).
- Avec un silo de transbordement ou un camion malaxeur issus du secteur du bâtiment (figures 37/38).



Fig. 32 : Rampe de chargement de sable
(OFPP)



Fig. 33 : Trémie manuelle
(Seidel-Hochwasserschutz.de)



Fig. 36 : Remplisseuse à quatre postes de remplissage (OFPP)



Fig. 34 : Trémie (SAQUICK) (THW)



Fig. 37 : Camion malaxeur (Wikipedia)



Fig. 35 : Cônes de balisage avec échelle (THW)



Fig. 38 : Silo de transbordement (BAKO AG)

Capacité de remplissage à la main
(sans remplisseuse) :

2 personnes
→ de 50 à 100 sacs/h

10 personnes
→ de 500 à 800 sacs/h

50 personnes
→ de 2500 à 4000 sacs/h

Nouage :

- Toujours fermer les sacs de sable (cordon intégré, ficelle, serre-câble, fil torsadé pour fers d'armature, machine à coudre les sacs de sable, etc.).
- La taille du nœud avoisine la largeur d'une paume de main.
- En cas d'urgence, l'ouverture du sac de sable peut être seulement rabattue à titre exceptionnel sans être nouée.

Transport par des sauveteurs-
formant une chaîne :

- Les sacs de sable doivent être transportés le plus souvent à la main du site de remplissage jusque sur le lieu d'endiguement proche. La constitution d'une chaîne humaine s'avère appropriée à cette fin (fig. 39).
- Règle fondamentale : une personne par mètre. Ne pas jeter les sacs de sable, mais les transmettre de mains en mains d'une personne à l'autre.

Élimination :

- Les sacs de sable sont en général tellement salis ou contaminés après une intervention qu'ils ne sont plus réutilisables, mais qu'ils doivent être éliminés dans les règles de l'art.

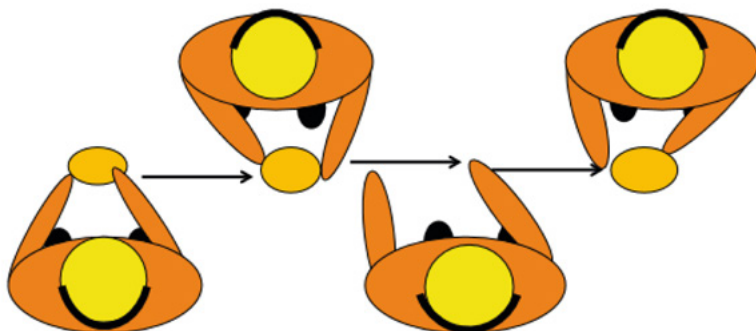


Fig. 39 : Représentation schématique d'une chaîne de sauveteurs pour transporter des sacs de sable
(école régionale des sapeurs-pompiers du Bade-Wurtemberg)

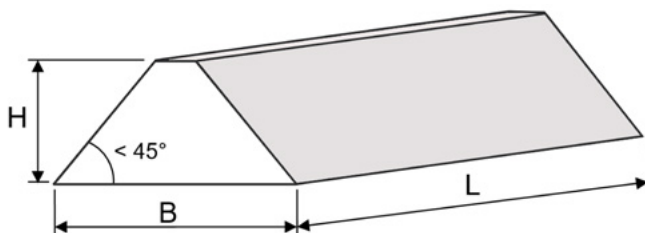


Fig. 40 : Forme de base d'une digue constituée de sacs de sable.

Endiguement à l'aide de sacs de sable

Principes généraux :

- Les sacs de sable doivent être posés en décalé tant à l'horizontale qu'à la verticale. Ne former aucun joint continu.
- Poser à plat sans chevauchement.
- Toujours orienter les sacs de sable avec le nœud vers l'intérieur (tourné du côté opposé à l'eau) (exception : des sacs de sable rabattus, non noués doivent être posés avec l'ouverture dirigée vers l'eau).
- Mettre en place les sacs avec de l'élan (mais sans les jeter) et les tasser avec précaution.
- Pour améliorer la stabilité et l'étanchéité, un film en matière plastique peut être déployé directement à l'extérieur du côté de l'eau, ou pour protéger le film, derrière la première couche de sacs de sable.

Si une digue formée de sacs de sable est débordée, les sacs supérieurs risquent d'être emportés. Si la brèche s'agrandit, l'écoulement augmente- la digue risque d'être détruite très rapidement.



Fig. 41 : Digue de sacs de sable débordée (OFFPP)

Digue normale :

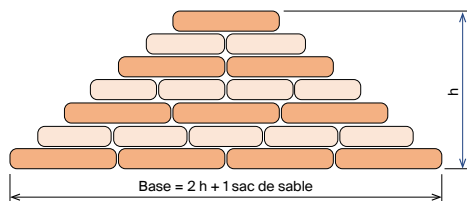


Fig. 42 : Endiguement normal avec des sacs de sable

- Pour une sollicitation normale et une technique de pose simple.
- Le fond (la partie la plus basse) des sacs de sable est dirigé vers l'eau à la base et dans toutes les autres couches impaires.
- Les sacs de sable sont tournés de 90° dans les couches paires.

Digue réglementaire :

- Pour une sollicitation accrue. Exige une technique de pose spéciale (assemblage longitudinal et transversal).
- Ce système d'empilage permet de construire des digues très stables moyennant peu de matériaux et de temps.
- Il est déterminant de déposer précisément les sacs de sable par couches selon l'assemblage longitudinal et transversal décrit sur le schéma.
- $B \geq 2 \times h$

Base à 3 sacs: 60 cm

(env. 60 sacs / mètre courant = mc)

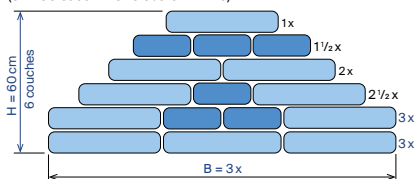


Fig. 43 : Montage d'une digue réglementaire présentant une base à 3 sacs (THW)

La partie supérieure d'une digue à base de 4 ou 5 sacs est toujours constituée des digues plus petites :

Base à 4 sacs: 80 cm (env. 90 sacs / mc)

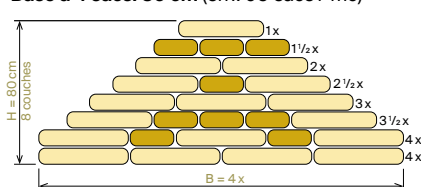


Fig. 44 : Montage d'une digue réglementaire présentant une base à 4 sacs (THW)

Base à 5 sacs: 100 cm (env. 130 sacs / mc)

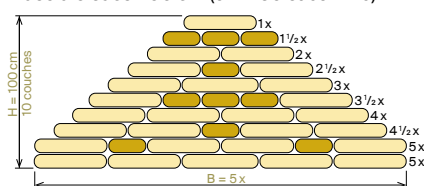


Fig. 45 : Montage d'une digue réglementaire présentant une base à 5 sacs (THW)

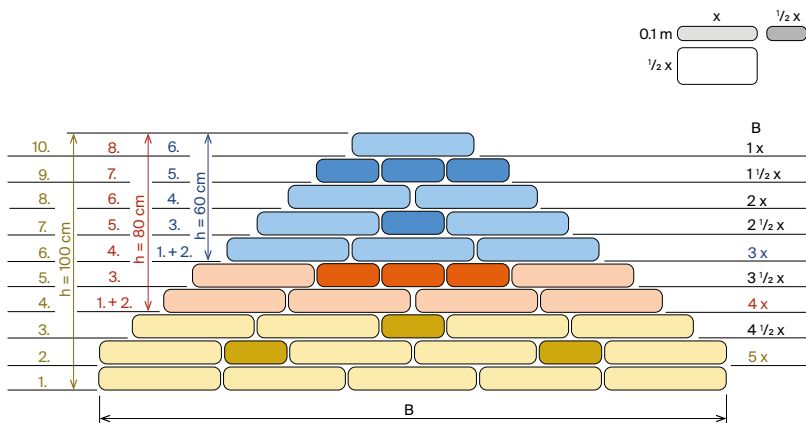


Fig. 47 : Montage d'une digue normale (OFPP)



Fig. 48 : Exemple d'une digue réglementaire (OFPP)

Digue d'urgence :

- Faute de temps, une digue d'urgence peut être mise en place.
- La première moitié de la digue est d'abord érigée dans un rapport $h : b = 1 : 1$ (à 45° du côté de l'eau, à la verticale du côté de la terre (fig. 48)). Elle procure la première protection contre la crue.
- Le versant oblique est toujours dirigé vers l'eau et non l'inverse. La pression hydraulique verticale a pour effet de stabiliser en plus la digue d'urgence.
- Pour améliorer la stabilité au glissement, seuls des sacs de jute devraient être si possible utilisés.
- Étant donné qu'une demi-digue est moins étanche, la mise en place d'un film d'étanchéité est indispensable du côté de l'eau.
- La seconde moitié de la digue est ensuite édiflée du côté de la terre de manière analogue au cours d'une seconde étape.

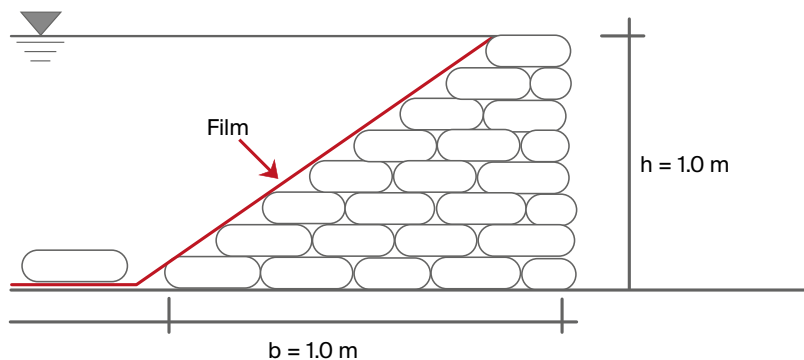


Fig. 49 : Montage d'une digue d'urgence (manuel de construction de l'Armée suisse)



Fig. 50 : Protection d'un soupirail ou d'un passage (Assurance immobilière du canton de Berne AIB)

Constitution de murs de sacs de sable simples

Pour des mesures de protection limitées dans un bâtiment (soupiraux, baies de porte, etc.), il est aussi possible d'obtenir un bon effet protecteur avec de simples « murs de sacs de sable ».

Avantages :

- Facile à monter et pouvant aussi être aisément mis en place par les occupants d'une maison eux-mêmes en cas d'événement après de brèves instructions
- Exige peu de temps, de matériaux et de place

Principes pour l'intervention :

- Largeur $\geq$ longueur d'un sac de sable
- **Hauteur ≤ 50 cm**
- Longueur maximale d'un endiguement $\approx 1-2$ m.
Ne pas utiliser pour de longs ouvrages de construction.
- Toujours disposer les sacs de sable par couches en décalé (fig. 50)
- Éventuellement, utiliser en plus un film en matière plastique et des planches de coffrage (devant les ouvertures).

Le système n'est pas capable de résister à une forte contrainte dynamique. Il ne doit donc être utilisé en principe qu'en cas d'inondations statiques.

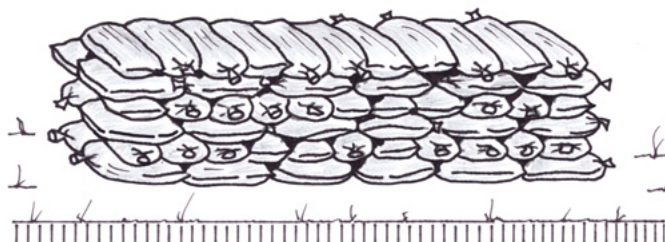


Fig. 51 : Empilement de sacs de sable en décalé (manuel de construction de l'Armée suisse).

Logistique

Un facteur de réussite décisif pour dresser de plus grands systèmes de protection contre les crues avec des sacs de sable réside dans une logistique de transport, de matériaux et de personnel bien conçue et fonctionnant parfaitement. Diverses questions se posent en l'occurrence lors de la planification.

Remplissage : Où et avec quels moyens les sacs de sable peuvent-ils être remplis ?

- De manière centralisée en dehors de la zone d'intervention (par ex. dans la gravière)
- Sur un site avancé à l'intérieur de la zone d'intervention
- Directement à l'emplacement de l'endiguement

Mise à disposition : Comment les sacs de sable doivent-ils être fournis en vue de leur transport (par ex. sur des palettes Europe de 120 x 80 cm éventuellement avec un cadre) ?

- 9 sacs par couche
- 9-10 couches
- Faire pivoter chaque couche de 180°
- Une palette Europe permet d'empiler 50-80 sacs de sable, ce qui équivaut à un poids de 1.2-1.5 t.

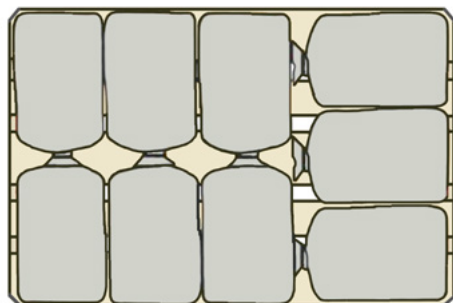


Fig. 52 : Mise à disposition de sacs de sable sur des palettes Europe (THW & OFPP)

Transport : Comment les sacs de sable peuvent-ils être transbordés et transportés jusqu'à l'emplacement de l'endiguement ?

- Chariot élévateur, chargeur à bras télescopique
- Transport sur route par camion
- Transport tout-terrain avec un chargeur à bras télescopique, un transporteur agricole, un tombereau sur chenilles (à benne basculante)
- Voiture à bras, brouette
- Chaîne de sauveteurs

Personnel : Combien de forces d'intervention sont requises et dans quels intervalles de temps doivent-elles être remplacées ?

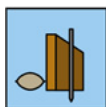
10 membres des forces d'intervention par heure (pauses incluses) peuvent soit :

- remplir 500 sacs de sable,
- décharger et transporter 800 sacs de sable (sur max. 10 m) ou
- poser 800 sacs de sable.

Le sable est lourd. Sans véhicules appropriés pour transborder et transporter efficacement les sacs de sable, des endiguements de grande envergure ne sont pas réalisables.

Capacités requises	Digue de sacs de sable longue de 100 m	
	Hauteur de digue 0,5 m	Hauteur de digue 1 m
Sacs de sable de 16 kg chacun	3500	14000
PL (5 t charge utile)	12	48
Silos de transbordement	4	8
Nombre de personnes nécessaires au montage	40 durant 1h	50 durant 3h

Tab. 10 : Capacités approximativement requises pour mettre en place une digue de sacs de sable



Systèmes de panneaux

Les systèmes de panneaux font partie des systèmes improvisés. Ils sont assemblés en général avec des panneaux de coffrage, des fers d'armature, des pieux en bois, des films en matière plastique et des sacs de sable.

Avantages

- Simple et apte à l'emploi par des miliciens
- N'exige que peu de personnel
- Hautes performances (en fonction du terrain)
- Grande disponibilité des matériaux (chantiers, magasins de matériaux de construction)
- Éléments petits pouvant être portés par une personne
- Ne nécessitant aucun équipement spécial

Inconvénients

- Non approprié à un terrain très accidenté ou dur (rocher, béton)
- Hauteur de montage limitée (50 cm)
- Stabilité restreinte

Options d'utilisation

- Évacuation d'une crue le long des routes ou dans les prairies
- Protection d'entrées de garage ou d'accès aux bâtiments
- Empêcher le déclenchement d'une crue à partir d'un cours d'eau
- Protection linéaire sur un terrain légèrement incliné
- Objectif visant en premier lieu non pas l'étanchéification, mais l'évacuation ou la dérivation de l'eau

Principes pour l'intervention

Montage :

- Le système ne convient qu'à des hauteurs d'eau jusqu'à env. 40 cm.
- Disposer les panneaux de coffrage par chevauchement (faire attention au sens de l'écoulement).
- Stabiliser les planches de coffrage par l'enfoncement alterné de fers d'armature (de pieux en bois dans un sol mou).
- Suivant le sol, la stabilité face aux impacts dynamiques n'est pas très grande en raison de l'effet de levier. S'il faut s'attendre à des sollicitations supérieures, le système doit être consolidé en plus par un étaieement oblique.
- L'étanchéité et la stabilité peuvent être améliorées à l'aide de films et d'un alignement de sacs de sable du côté de l'eau.

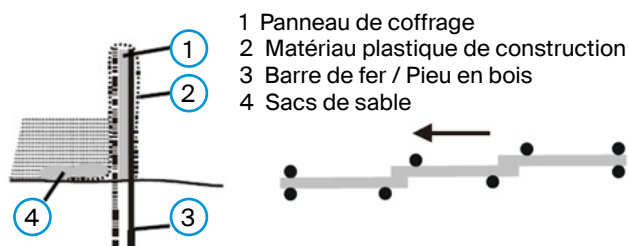


Fig. 53 : Section transversale et vue d'un système de panneaux (AEAI)

Logistique

Capacités requises approx.	Système de panneaux long de 100 m et haut de 50 cm
Sacs de sable de 16 kg chacun	150
PL (5 t charge utile)	1
Panneaux de coffrage	50
Fers d'armature / pieux en bois (longs d'env. 1 m)	100
Film en matière plastique	250 m ²
Silos de transbordement	1
Nombre de personnes nécessaires au montage	4 - 8 durant 1h

Tab. 11 : Capacités requises approximativement pour mettre en place un système de panneaux



Structure de base



Sécurisation des fers d'armature par du
fil torsadé



Étalement supplémentaire par du bois
équerri



Consolidation avec des supports de coffrage
réglables, issus du secteur du bâtiment

Fig. 54 : Mise en place de divers systèmes de panneaux (OFPP)



Systèmes de supports

Un système de supports comprend un élément d'étaie, un élément de paroi, un film d'étanchéité et du matériel de fixation. Des systèmes tant commerciaux qu'improvisés sont utilisés.

Avantages

- Généralement facile à mettre en place
- Exige peu de personnel
- Hautes performances (suivant le terrain) moyennant peu de personnel
- Grande disponibilité des matériaux (systèmes improvisés)
- Des hauteurs de retenue élevées peuvent être atteintes par endroits (systèmes commercialisés)
- Pièces détachées pouvant être portées

Inconvénients

- Non approprié à un sol accidenté
- Ne convenant pas au heurt de débris flottants en cas d'emploi de palettes Europe
- Des changements de direction sont difficilement réalisables s'agissant de systèmes improvisés.

Options d'utilisation

- Murs d'endiguement linéaires de n'importe quelle longueur
- Protection annulaire pour préserver des bâtiments

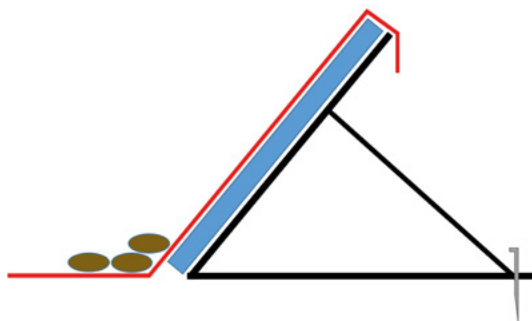


Fig. 55 : Montage d'un système de supports (OFPP)



Fig. 56 : Support d'étalement avec des plaques métalliques sans film d'étanchéité (Flood Control International)

Systèmes commerciaux

De nombreux systèmes différents sont proposés sur le marché. Jusqu'à 3 m de hauteur de retenue sont réalisables par endroits. Les étais sont le plus souvent à base d'acier et sont pliables, tandis que les éléments de paroi sont constitués de plaques de bois, de matière plastique ou d'acier. Des éléments d'angle spéciaux permettent de changer la direction du système. Des constructions triangulaires stables sont aussi proposées sur le

marché sous le terme « systèmes de digue ». Les prescriptions des fabricants s'appliquent à tous les systèmes.

Systèmes improvisés

Les systèmes de supports improvisés comprennent quasi exclusivement des palettes Europe (cotes de base 120 × 80 cm). Les palettes Europe sont disponibles pratiquement partout en grand nombre, elles sont transportables par une seule personne et sont faciles à mettre en place. Elles présentent pour inconvénients de posséder des dimensions fixes et de manquer de souplesse en cas de changements de direction.

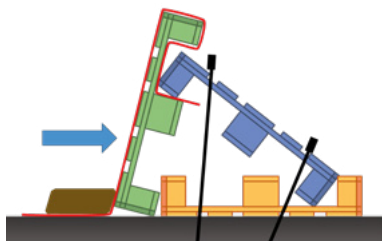


Fig. 57 : Principe de construction avec trois palettes (OFPP)

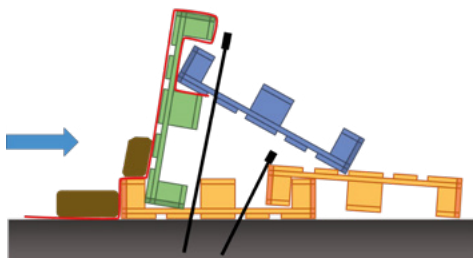


Fig. 58 : Principe de construction avec quatre palettes (OFPP)

Principes pour l'intervention :

- Le système à trois palettes est plus simple et exige moins d'éléments.
- Les palettes doivent toujours être disposées en décalé et aucun joint continu ne doit être formé.
- Vu que le bois flotte, les palettes doivent toujours être assurées avec des piquets ou des sacs de sable.
- En raison des ouvertures pratiquées dans les palettes, le film d'étanchéité constitue l'élément le plus vulnérable du système. Il doit pouvoir tenir face à la pression hydraulique directe et être particulièrement résistant à la déchirure.
- Pour cette raison, le système ne convient pas s'il risque d'être heurté par des débris flottants et des matériaux charriés.
- Les changements de direction et les raccordements à d'autres systèmes ne sont que difficilement réalisables ou uniquement sous certaines conditions.

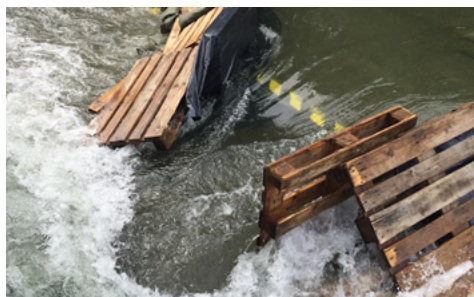


Fig. 59 : Barrage de palettes emporté par le courant (OFPP)

Offrant une hauteur de retenue d'env. 80 cm, ce système excède la hauteur maximale recommandée de 60 cm, applicable aux systèmes d'urgence. Les risques encourus dans le cas d'une défaillance doivent donc être clarifiés de manière particulièrement détaillée. Des palettes murales ne doivent jamais être utilisées debout (hauteur de retenue de 120 cm).

Exemples pratiques :



Fig. 60 : Barrage avec trois (AIB) et quatre palettes (OFPP)

Logistique

Capacités requises	Système de supports long de 100 m	
	Tôle d'acier de 1,5 mm, haute de 0,6 m	Tôle d'acier de 3 mm, haute de 1,5 m
PL pour le transport	1	1
Éléments d'étalement	85 de 8 kg chacun	85 de 60 kg chacun
Plaques de 10 kg chacune	85	255 de 30 kg chacun
Film d'étanchéité	250 m ²	400 m ²
Sacs de sable de 16 kg chacun	150	150
Tirants d'ancrage au sol	100	100
Personnes nécessaires à la mise en place	4 durant 1 h	8 durant 1 h

Tab. 12 : Capacités requises approximativement pour mettre en place un système commercial à base de tôle d'acier (exemple)



Systèmes de boudins et systèmes de réservoirs fermés

Les systèmes de boudins et de réservoirs constituent des systèmes commerciaux de protection contre les crues. Les prescriptions des fabricants s'appliquent en conséquence. De très nombreuses variantes d'exécution différentes sont proposées sur le marché. L'enveloppe de réservoir est constituée de matière plastique ; elle est remplie d'eau, de sable ou d'air.

Avantages

- Système simple et rapide à monter
- Exige peu de personnel
- Hautes performances
- Très grande souplesse facilitant la pose sur un terrain accidenté ou lors de changements de direction (système de boudins)
- Hauteurs de retenue élevées peuvent être atteintes par endroits
- Très stable (systèmes agissant par gravité)

Inconvénients

- Ne pouvant pas être porté sur des distances moyennes, car exigeant des moyens mécaniques
- Ne convenant pas au heurt de débris flottants
- Systèmes remplis d'eau problématiques en cas de gel
- Danger de vandalisme

Les systèmes de boudins remplis d'eau sont de loin les plus répandus en Suisse. Deux boudins doivent toujours être posés parallèlement l'un à côté de l'autre, vu qu'un boudin seul s'écarterait en roulant. Pour parvenir à une hauteur de retenue supérieure, un troisième boudin peut être posé dessus.

Les boudins remplis d'eau sont très lourds. Ils peuvent déjà glisser sur une surface lisse (par ex. herbe humide) présentant une faible inclinaison latérale et ne peuvent plus être retenus par des moyens simples. Du fait de leur poids élevé, ils peuvent mettre en danger des personnes.

Mise en place standard :

- Dérouler les boudins
- Les remplir d'air
- Positionner et relier les boudins
- Les remplir d'eau (tout en les désaérant)

Options d'utilisation

- Protection linéaire de n'importe quelle longueur
- Protection annulaire de bâtiments
- Évacuation ou canalisation de l'eau
- Rehaussement de digues de protection
- Création de bassins d'eau

Exemples pratiques :



Fig.61 : Système de boudins remplis d'eau (Beaver) et éléments en matière plastique remplis d'eau avec système d'emboîtement (Aeschlimann Hochwasserschutz AG)

Logistique

Capacités requises approx.	Système de boudins long de 100 m, haut de 60 cm
PL (5 t charge utile)	1
Éléments doubles de boudin de 10 m chacun (50 kg l'unité)	10
Ventilateur de remplissage d'air	1-2
Pompe incluant les tuyaux de remplissage d'eau	1
Eau	60 m ³
Personnes nécessaires au montage	4 durant 1h

Tab. 13 : Capacités requises approximativement pour mettre en place un système de boudins.



Systèmes de barrières déployables

Les systèmes de barrières déployables constituent des systèmes commerciaux. Ils sont composés d'une membrane en matière plastique et fonctionnent comme une poche pliée dont l'ouverture est dirigée vers l'eau. Les poches se remplissent en présence d'un écoulement d'eau et se dressent alors automatiquement.

Avantages

- Système simple et très rapide à monter
- N'exige que peu de personnel
- Peut être encore traversé à l'état fermé, non sollicité (parfois même par des véhicules)
- Aucune installation supplémentaire requise

Logistique

Inconvénients

- Non approprié à un sol très accidenté
- Danger de vandalisme

Options d'utilisation

Les systèmes de barrières déployables servent à bloquer l'eau s'écoulant de front.

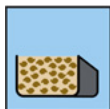
Exemple pratique :



Fig. 62 : Système de barrière déployable en intervention (MegaSecur Europe)

Capacités requises approx.	Système de barrières déployables long de 100 m, haut de 50 cm
VP véhicule personnel pour le transport	1
Éléments de barrière déployable de 15 m chacun (34 kg l'unité)	10
Tirants d'ancrage au sol (selon le sol)	200
Personnes nécessaires au montage	2-4 durant 30 min

Tab. 14 : Capacités requises approximativement pour mettre en place un système de barrières déployables.



Systèmes de bassins

Les systèmes de bassins comprennent une ossature et une enveloppe extérieure. Ils sont remplis d'eau, de sable ou de terre. L'étanchéité des joints verticaux entre les différents bassins est garantie par la pression appliquée. Des systèmes tant commerciaux qu'improvisés sont utilisés, sachant que pratiquement aucun système commercial n'existe en Suisse.

Avantages

- Facile à mettre en place
- Ouvrages de protection réalisables dans n'importe quelle longueur
- Changements de direction possibles
- Très stable (système agissant par gravité)

Inconvénients

- Non approprié à un terrain très accidenté
- Danger de vandalisme
- Systèmes remplis de sable ou de terre exigeant l'emploi d'engins de chantier légers



Fig. 63 : Système improvisé de réservoirs avec des sacs industriels (THW)

Options d'utilisation

Un système de bassins est utilisé pour la protection linéaire ou annulaire sur terrain plat.

Systèmes improvisés

- Des sacs industriels ou des sacs de transport de charges lourdes (« big bags » ou sacs de grande capacité) et du sable permettent de mettre en place aisément des systèmes de réservoirs fonctionnels.

Principes d'utilisation des sacs de grande capacité :

- Un terrain résistant au poids constitue la condition préalable. Les sacs industriels ne doivent pas se renverser.
- Remplissage directement sur place avec un chargeur pneumatique ou un camion malaxeur ou remplissage préalable des sacs industriels et transport par les boucles de levage sur le lieu d'installation avec un engin de chantier ou un chariot élévateur à fourche.
- Les réservoirs doivent être amassés de façon à être serrés les uns contre les autres.
- Les sacs industriels n'étant pas renforcés, ils risquent de se déformer avec le temps. Pour empêcher cette déformation, de simples châssis en bois peuvent être insérés, servant de renfort avant le remplissage.



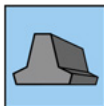
Fig. 64 : Remplissage de sacs de grande capacité renforcés avec un camion malaxeur (INN-PACK)

- Par ailleurs, il est possible de relier 2 à 4 sacs les uns aux autres tels un accordéon en assemblant les châssis en bois par vissage et de stabiliser ainsi le système (de tels systèmes sont également commercialisés).

Logistique

Capacités requises approx.	Système de bassins long de 100 m, haut de 100 cm
PL (5 t de charge utile) pour transporter le sable	26
PL pour transporter les bassins	1
Éléments de bassin de 2 m chacun (40 kg l'unité)	50
Chargeur pneumatique pour remplir de sable	2
Sable	80 m ³
Personnes nécessaires au montage	4 durant 1 h

Tab. 15 : Capacités requises approximativement pour mettre en place un système commercial de bassins (remplis de sable).



Système d'éléments en béton

Il s'agit en principe d'un système improvisé. Des parois en béton mobiles, issues du secteur du bâtiment, sont utilisées comme éléments de protection (par ex. glissières de sécurité temporaires). Elles sont longues d'env. 2 m et résistent à des forces dynamiques élevées.

Le système doit être monté de manière à ce que l'angle d'afflux ne soit pas supérieur à 45°.

Avantages

- Résistance élevée aux impacts dynamiques
- Très stable (système agissant par gravité)
- Changements de direction possibles
- Disponible auprès des entreprises de construction et des services de voirie

Inconvénients

- Exigeant des engins lourds pour le transport et la mise en place
- Non étanche

Options d'utilisation

- Application dans le cas d'un impact dynamique très élevé de l'eau.
- Empêcher la sortie locale de torrents (sur la rive extérieure d'une courbe, à proximité de ponts, de murs de berge menaçant de s'effondrer etc.).
- Protection contre les vagues hautes au bord des lacs.



Fig. 65 : Éléments de parois de protection mobiles en béton (Wikipedia).

Logistique

Capacités requises approx.	Système d'éléments en béton long de 100 m, haut de 100 cm
PL (6.5 t de charge utile) pour le transport	13
Éléments en béton de 2 m chacun (1600 kg l'unité)	50
Engins de chantier pour soulever et déplacer	2
Personnes nécessaires au montage	4 durant 1 h

Tab. 16 : Capacités requises approximativement pour mettre en place un système d'éléments en béton.

Aperçu des conditions liées aux systèmes

1	Sacs de sable	   	    
2	Panneau	   	   
3	Boudin / Réservoir à remplir d'eau	     	    
4	Boudin à remplir de sable	     	    
5	Boudin à remplir d'air	   	   
6	Bassin à remplir d'eau	     	    
7	Bassin à remplir de sable	     	    
8	Barrière déployable, bâche en matière plastique	   	   
9	Support de barrière anticrue, version légère	   	   
10	Support de barrière anticrue, version lourde	     	    
11	Digue	     	   
12	Élément en béton	     	   

Fig. 66 : Récapitulatif des différents systèmes (AEA).

Aide à la décision quant à l'utilisation

Image	Type de système / Spécification	1. Évacuation sur un terrain en pente	2. Protection annulaire d'une dépression	3. Blocage d'un écoule- ment sur une route	4. Protection linéaire d'un lac	5. Protection linéaire d'un cours d'eau	6. Protection linéaire d'un torrent	7. Barrage d'un cours d'eau	8. Rétention de liquides
	Sac Sac de sable	■	■	■	▲	▲	▲	▲	▲
	Sac Sac double	■	■	■	▲	■	▲	▲	▲
	Panneau Panneau de coffrage	■	●	■		■	▲	●	●
	Boudin/Réservoir Remplissage d'eau	■	■	■	■	■	▲	●	■
	Boudin Remplissage de sable	●	▲	■	■	■	▲	●	●
	Boudin Remplissage d'air	■	■	■	■	■	▲	●	■
	Bassin Remplissage d'eau	●	■	■	■	■	▲	●	▲
	Bassin Remplissage de sable	●	■	■	■	■	▲	▲	▲
	Barrière déployable Membranes en matière plastique	●	▲	■	▲	▲	●	■	▲
	Support de barrière anticrue Variante légère	▲	■	■	■	■	▲	■	▲
	Support de barrière anticrue Variante lourde	●	■	■	■	■	▲	●	▲
	Digue Élément en matière plastique	●	▲	■	■	■	●	●	▲
	Masse Élément en béton	●	●	▲	●	●	■	▲	●

Fig. 67 : Aide à la décision concernant les systèmes et leur possibilité d'application, partie 1 (CSSP).

Défense des digues

Mesures d'urgence sur les digues de protection contre les crues

Le langage technique différencie les digues des barrages. Les barrages font toujours l'objet d'une rétention d'eau, les digues seulement occasionnellement (en cas de crues). La présente documentation ne fait pas la distinction entre barrage et digue, le terme digue étant seul utilisé.

Les digues peuvent se rompre brusquement sans raison apparente aux yeux d'un profane. Les interventions de protection contre les crues sur des digues ne doivent être réalisées que sous la direction d'une personne compétente.



Fig. 68 : Rupture d'une digue (Robert Jüpner, Université technique de Kaiserslautern).

Il est souvent difficile et insuffisant d'évaluer la stabilité d'une digue en se basant sur des impressions purement visuelles. Pour l'apprécier objectivement et en déduire des mesures efficaces, il faut connaître aussi la structure et l'histoire de la digue.

Règles fondamentales :

- Toujours établir et mettre en œuvre un plan de protection.
- Ne pas solliciter ni franchir inutilement la crête, les talus et le lit mineur de la digue. Éviter les secousses.
- Ne pas empêcher ni arrêter l'écoulement d'eau d'infiltration.
- Ne pas fouiller dans les sorties d'eau d'infiltration.
- Ne pas enlever les matériaux de digue éboulés.
- Ne pas enfoncer des pieux ou d'autres poteaux dans la digue.
- Ne poser des revêtements d'étanchéification (par ex. films) que du côté de l'eau, jamais du côté des terres.
- Toujours mettre en œuvre les mesures du côté des terres en assurant la perméabilité.

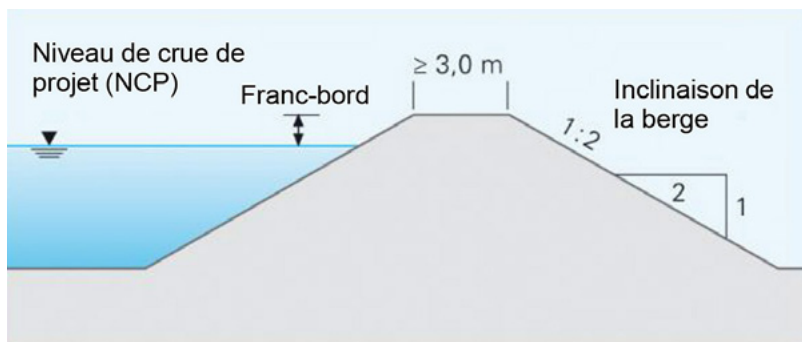


Fig. 69 : Géométrie d'une digue de protection contre les crues (Office bavarois de l'environnement).

Système de classification des dommages

Classification		Conséquences
 Problématique	Stabilité réduite	Observation et préparatifs
	Stabilité pas encore mise en danger	Défense de la digue
 Dangereux	Stabilité fortement réduite	Défense de la digue
	Rupture de digue possible	Examiner les évacuations Mettre le matériel de sauvetage à la disposition des forces d'intervention
 Très dangereux	Rupture de digue probablement imminente	Défense de la digue immédiate et massive Veiller à la sécurité des forces d'intervention
		Repli immédiat en cas de doute

Tab. 17 : Système de classification des dommages et des conséquences associées.

Description et classification des scénarios de dommages

Écoulement traversant ou infiltrant la digue

Les écoulements traversant et infiltrant désignent la sortie d'eau à différents endroits du côté de l'air dans le lit mineur de la digue. D'une manière générale, une digue est considérée comme fragile et dangereuse si :

- l'eau d'infiltration est très trouble (érosion interne de la digue),
- la sortie d'eau se fait dans la partie supérieure de la digue,
- la sortie d'eau augmente considérablement,
- le volume d'eau d'infiltration croît rapidement.

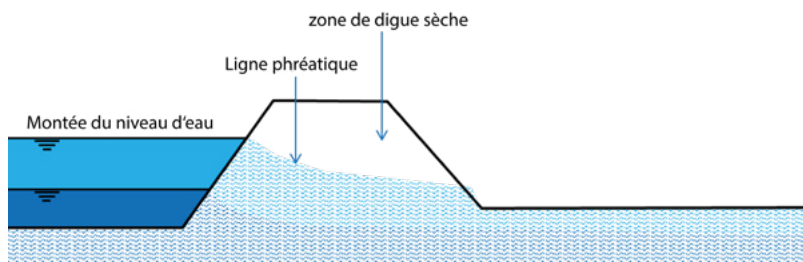


Fig. 70 : Ligne phréatique sur la digue de protection contre les crues
(Bruno Gerber, Office des ponts et chaussées du canton de Berne)

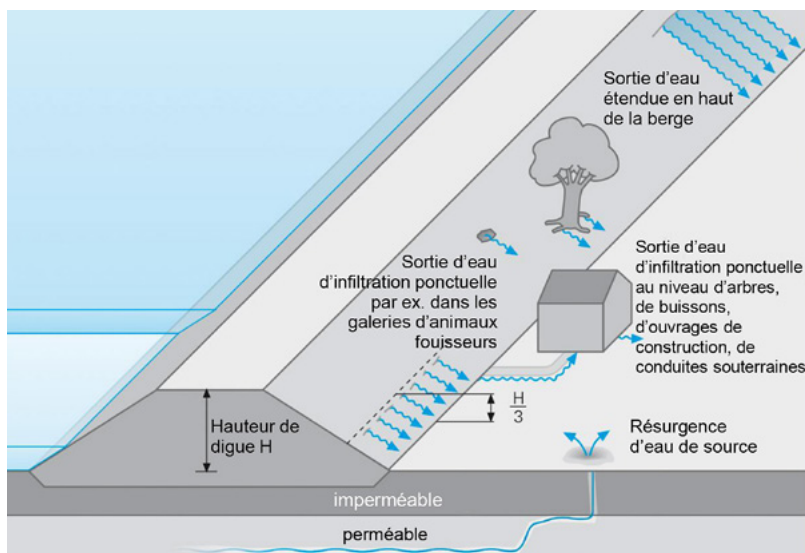


Fig.71 : Sorties d'eau d'infiltration (Office bavarois de l'environnement)

Constatations	Classification
Eau gravitaire claire aux $\frac{2}{3}$ supérieurs de la HD (HD = hauteur de digue)	■
Forte sortie d'eau claire et inclinaison de la digue $> 1:2$	
Suintement sur une grande surface d'eau gravitaire trouble	▲
Eau gravitaire trouble dans la moitié inférieure de la HD	
Montée rapide d'eau gravitaire dans les $\frac{2}{3}$ supérieurs de la HD	
Résurgences de source dans le lit mineur de la digue	●
Points d'infiltration avec déversement de matériaux de la digue	
Eau gravitaire trouble dans la moitié supérieure de la HD	
Montée rapide d'eau gravitaire dans le $\frac{1}{3}$ inférieur de la HD	
Forte résurgence de source dans le lit mineur de la digue avec déversement de matériaux de la digue	
Déformation de la digue	

Tab. 18 : Classification des scénarios de dommages en cas de flux traversant ou infiltrant des digues.

Fissures et effondrements dans la digue

Les déformations telles que des fissures, des effondrements et des exhaussements du côté de l'eau ou de l'air de la digue sont plus dangereuses que des suintements. Il n'existe pas de déformations qui ne soient pas dangereuses. Des fissures et des effondrements fragilisent la digue et la rendent dangereuse :

- s'ils se produisent à proximité de l'eau,
- s'ils se produisent sur une vaste surface, sur une grande longueur et en profondeur,
- si le corps de digue intact est réduit.

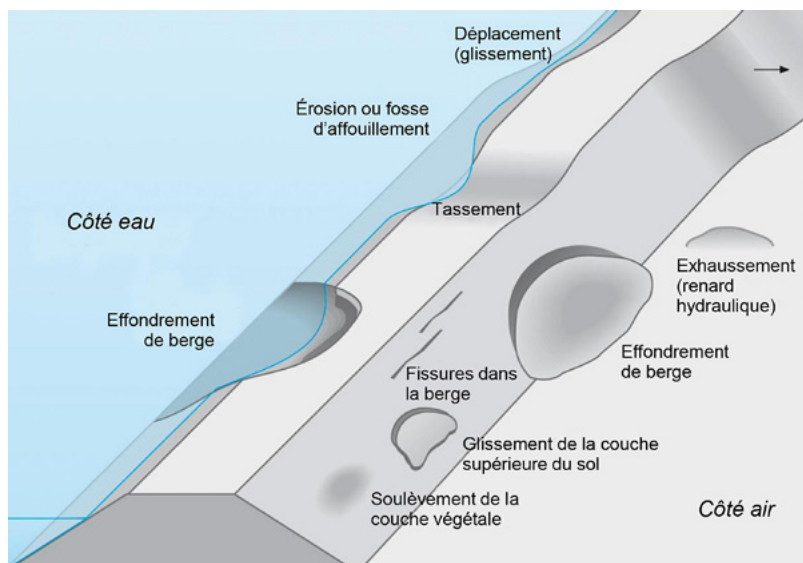


Fig. 72 : Déformations et effondrements au niveau des digues (Office bavarois de l'environnement)

Constatations	Classification
Fissures ou effondrements superficiels La détérioration se situe au-dessus du niveau d'eau et celui-ci ne monte plus	
Fissures ou effondrements superficiels pour une CD (= largeur de la crête de digue) < 3 m ou une digue d'une pente plus raide que 1:2 Plus forte pénétration d'eau dans la digue Agrandissement des zones endommagées Fissures dans le 1/3 inférieur de la HD	
Crête de digue affaissée et menace d'un déversement Montée du niveau d'eau en présence d'effondrements Fissures profondes dans la crête ou les berges Déformation du talus du côté de l'air	

Tab. 19 : Classification des scénarios de dommages en cas de fissures et d'effondrements
(HD = hauteur de digue, CD = largeur de la crête de digue).

Érosion du lit majeur

Une érosion du lit majeur peut survenir notamment lorsque le lit majeur descend en pente abrupte.

Constatations	Classification
Érosion du lit majeur jusqu'au pied de digue et début d'affouillement et de sapement	
Effondrement présentant le danger d'une rupture de digue Mise en danger de la stabilité de la digue en cas d'érosion ultérieure	

Tab. 20 : Classification des scénarios de dommages dans le cas de l'érosion du lit majeur.

Déversement de la digue

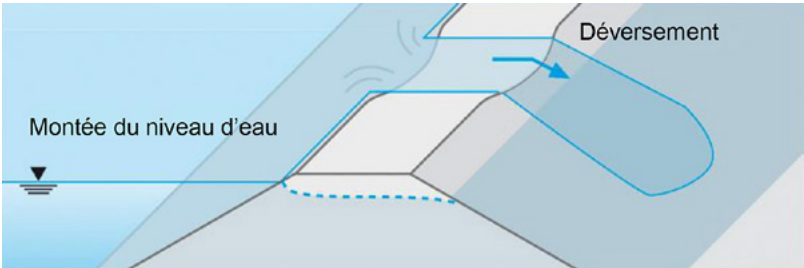


Fig.73 : Classification des scénarios de dommages dans le cas de l'érosion du lit majeur
(Office bavarois de l'environnement)

Constatations	Classification
Seulement une légère surverse, talus consolidé du côté de l'air (par du béton, de l'asphalte)	▲
Surverse forte ou augmentant rapidement Talus du côté de l'air présentant une pente plus raide que 1: 2 Talus non consolidé du côté de l'air Danger de rupture de digue, repli immédiat	● ●

Tab. 21 : Classification d'événements dommageables dans le cas d'un déversement de la digue.

Mesures d'urgence

Patrouille de reconnaissance / garde de digue

Tâches et comportement :

- Éviter la digue et l'observer si possible à partir d'une distance de sécurité.
- Détection de points d'infiltration sur le talus de la digue du côté de l'air et au pied de la digue (quantité, turbidité, augmentation ou diminution).
- Constat d'altérations sur le corps de digue (tassements, fissures, effondrements, soulèvements).
- Lecture de l'échelle de crue.

- Observation de la surface de l'eau pour y détecter de forts tourbillons (indiquant éventuellement l'apparition de zones d'affouillement ou d'arrachements de berge).
- Contrôle du niveau d'eau et du franc-bord existant.

Étalement de la digue du côté des terres

L'étalement de la digue du côté des terres vise à établir une structure de digue suffisamment forte avec un épaulement. Il y est d'abord procédé au pied de la digue et des sacs de sable sont ensuite posés uniformément tant sur la hauteur de la digue que dans le lit mineur (jusqu'à env. $\frac{2}{3}$ de la longueur du talus).

Si l'étalement n'est pas prolongé assez loin dans le lit mineur, la stabilité de la digue n'est pas accrue, mais amoindrie.

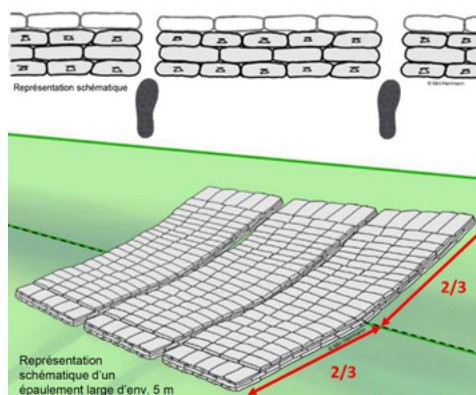


Fig.74 : Principe d'un étalement de digue avec des sacs de sable (THW)

La première couche est posée avec le fond de sac orienté longitudinalement vers l'eau. Tous les cinq sacs de sable, il convient de laisser un espace libre de la largeur d'une chaussure (env. 5 cm) servant au drainage (« l'herbe doit voir le ciel »). Alternativement, il est possible d'appliquer d'abord une couche filtrante laissant passer l'eau gravitaire, mais retenant en même temps les particules du sol (par ex. géotextile, treillis d'armature en acier, tiges de bois, graviers de drainage). Il ne faut en aucun cas entraver ou même arrêter la sortie d'eau d'infiltration. Au moins quatre couches de sacs de sable peuvent

être posées ensuite. Chaque couche est soumise à un pivotement de 90°. Les secousses doivent être évitées (ne pas jeter les sacs). Alternativement, il est aussi possible d'utiliser des systèmes de boudins mobiles, des remblais avec des graviers ou du sable (aucun matériau cohésif) ou des sacs industriels remplis de sable (sacs de grande capacité) pour servir d'épaulement à la place des sacs de sable.

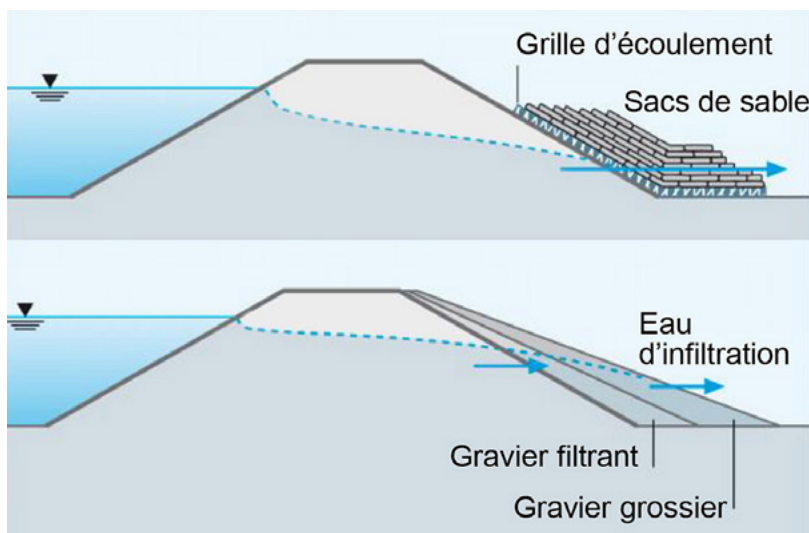


Fig. 75 : Étalement d'une digue avec des sacs de sable ou un remblai de graviers
(Office bavarois de l'environnement)

Consolider les effondrements et les fissures du côté de l'eau

La consolidation d'effondrements et de fissures du côté de l'eau a pour but de préserver la stabilité de la digue et d'en empêcher l'érosion ultérieure.

Pour consolider des effondrements et des fissures du côté de l'eau, les dépressions du sol, les trous et les fissures sont comblés par la pose de sacs de sable. Pour ne pas fragiliser en plus le talus, il faut commencer si possible au pied de la digue et les sacs ne doivent être jetés que d'une faible hauteur. Alternative-ment, il est aussi possible de remplir les dépressions du sol et les trous par des empierrements. Pour protéger les talus effondrés contre une érosion ultérieure, des arbres en épi (voir page 84) ou, si le temps suffit, des fascines peuvent être mis en place.

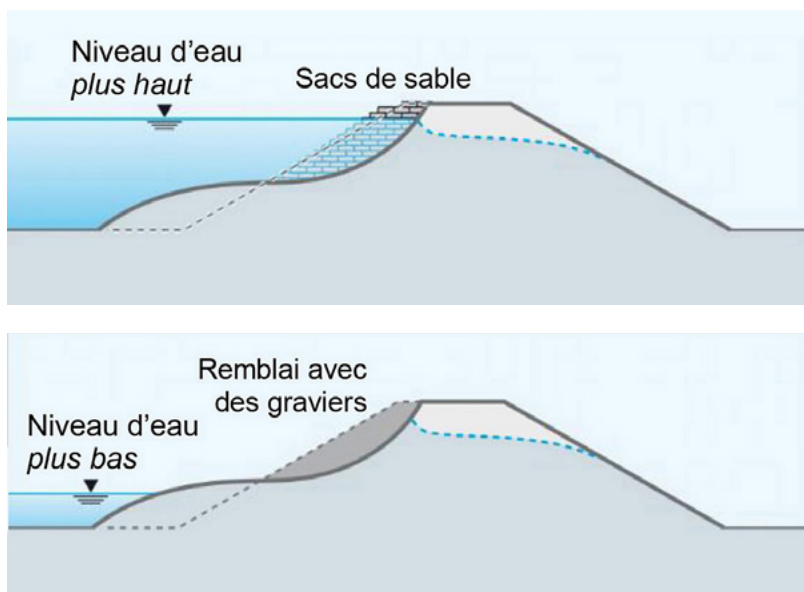


Fig.76 : Consolidation d'effondrements du côté de l'eau avec des sacs de sable ou des graviers
(Office bavarois de l'environnement)

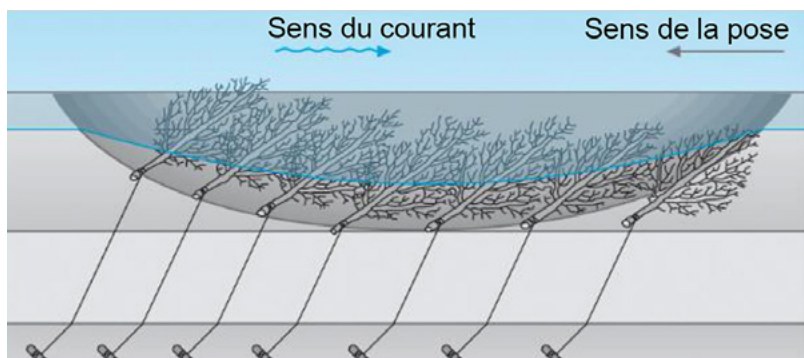


Fig. 77 : arbres en épi ancrés (Office bavarois de l'environnement)

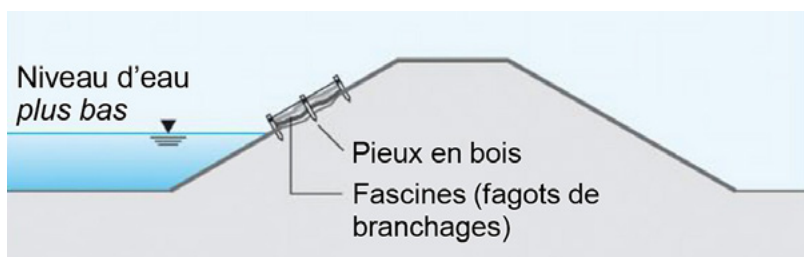


Fig. 78 : Mise en place de fascines dans une digue (Office bavarois de l'environnement)

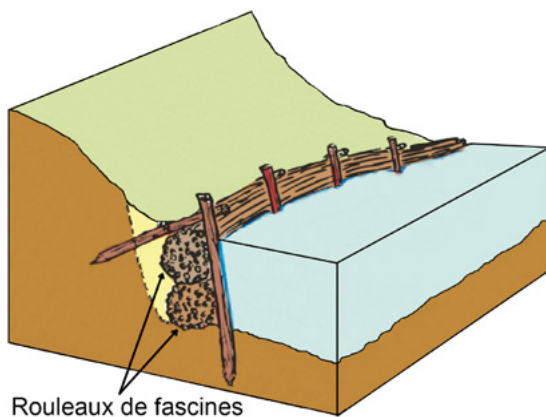


Fig. 79 : Mise en place de rouleaux de fascines sur la rive (OFPP)

Film d'étanchéité du côté de l'eau

L'application d'un film d'étanchéité vise à empêcher que l'eau ne pénètre dans la digue. Les points d'entrée d'eau ou les dégradations localisées du côté de l'eau peuvent être recouverts d'un film. Le film doit reposer de manière étanche sur le talus (placer un tuyau ou une barre de fer à l'extrémité inférieure du film comme moyen de lestage et alourdir les bords du film avec des sacs de sable).

Le film n'assure une bonne étanchéité que s'il est plaqué contre l'endroit non étanche par l'effet d'aspiration de l'écoulement d'eau. Si aucun effet d'aspiration ne s'exerce, le film s'avère inefficace. Cette mesure ne se révèle judicieuse que si la surface du talus est relativement lisse. De grands trous doivent être remblayés au préalable.

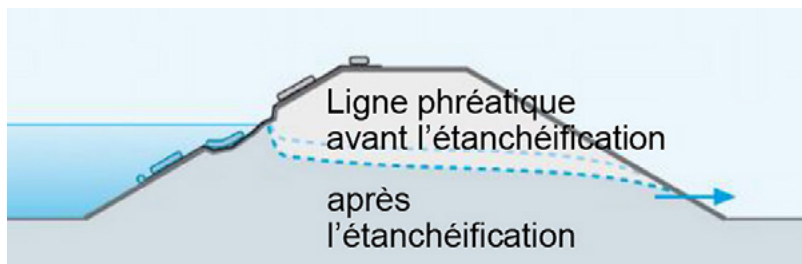


Fig. 80 : Étanchéification de la digue au moyen d'un film (Office bavarois de l'environnement)

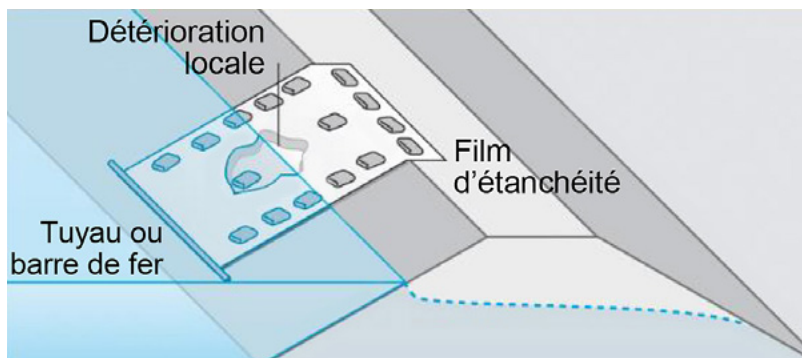


Fig. 81 : Consolidation du film d'étanchéité (Office bavarois de l'environnement)

Rehaussement de digue (exhaussement)

Le rehaussement de digue, appelé aussi exhaussement, a pour objectif d'élever le franc-bord et d'empêcher ainsi le déversement de la digue. Si le niveau d'eau menace de monter au-dessus de la crête de digue, la digue peut être rehaussée avec des sacs de sable ou des systèmes mobiles de protection contre les crues.

Du fait de l'épaulement, la digue est fortement sollicitée et risque de céder sans prévenir. Les rehaussements de digue ne doivent être exécutés que d'après les instructions de spécialistes.

Le personnel surnuméraire doit se retirer de la zone dangereuse. En outre, une rupture de digue doit être prise en considération dans l'évaluation des dangers. Si la pente du côté de l'air est plus raide que 1:2 ou si la largeur de la crête est < 3 m, la digue doit être d'abord étayée du côté de l'air (voir page 78).

Autres mesures de protection contre les crues

Protection d'urgence des berges avec des arbres entiers disposés en épi

But et fonction

Des arbres entiers disposés en épi peuvent servir de mesure improvisée de protection contre les crues dans les situations suivantes :

- Protection contre l'érosion des talus de rive
- Limitation des dommages des digues de protection contre les crues du côté de l'eau
- Prévention d'une rupture de digue
- Fermeture d'une brèche dans une digue

La mise en place d'arbres entiers disposés en épi permet de réduire la vitesse d'écoulement de l'eau et de protéger la rive au niveau du point d'érosion ou de la ligne de rupture. L'avantage tient en l'occurrence

au fait qu'un grand effet peut être obtenu moyennant peu de temps et de matériaux.

Principes de l'utilisation

Un épicéa ou un sapin vigoureux et branchu se trouvant le plus près possible de l'eau est élagué tout en bas (sur env. 1 m) (1). Le pied de l'arbre est attaché à des câbles métalliques et assuré à un point d'accrochage approprié partant de la zone à protéger en amont (2). L'arbre est alors abattu si possible directement dans l'eau (3). Il doit être charrié dans l'eau jusqu'à l'endroit prévu (4) et être ancré fixement au point d'arrimage (5). Suivant la situation, l'arbre peut être en plus fixé à la cime avec un câble métallique (6). L'arbre entier disposé en épi doit être plus long que la zone à protéger. Si un arbre ne suffit pas, plusieurs arbres peuvent être alignés l'un derrière l'autre. Il faut alors commencer la mise en place en aval.

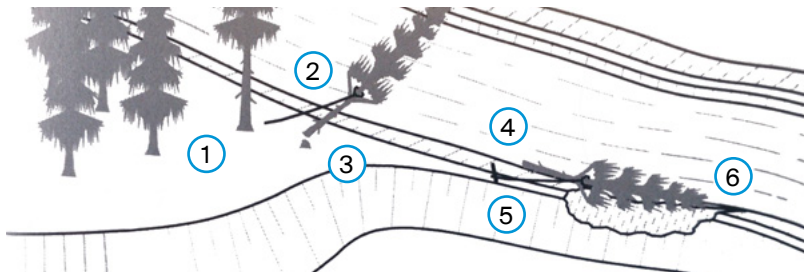


Fig. 82 : Mise en place d'un arbre entier disposé en épi (Rote Hefte 82, Kohlhammer Verlag)

Travaux d'urgence de mise en sécurité et de réparation

Mise en sécurité de cuves à mazout

Si des locaux avec des cuves à mazout insuffisamment protégées sont submergés, les cuves peuvent flotter dans l'eau. Les conduites de raccordement sont arrachées et il existe le danger que les cuves se renversent. De grandes quantités de mazout risquent de se répandre dans l'environnement. Pour éviter ce genre de pollution grave, il est utile d'assurer les cuves à mazout contre la poussée hydrostatique dans le cas d'un délai de pré-alerte suffisant. Vu que d'énormes forces ascensionnelles (plusieurs tonnes) s'exercent sur une cuve presque vide, la consolidation doit être d'autant plus massive. Si les parois et le plafond du local de stockage du mazout sont suffisamment stables, il est recommandé d'assurer la cuve selon la méthode improvisée suivante :

- Consolider la cuve à mazout avec des étais de construction pour qu'elle ne puisse être arrachée latéralement
- Étayer en plus la cuve contre le plafond



Fig. 83 : Mise en sécurité d'une cuve à mazout (AIB)

Ces mesures supposent que la cuve est suffisamment solide et qu'elle n'est pas comprimée par les forces appliquées. En présence d'une cuve moins stable, il est préférable, le cas échéant, de ne poser que les étais de consolidation latéraux. Elle peut alors certes flotter et être plaquée contre le plafond, mais elle ne peut basculer. Il faut faire attention en l'occurrence aux conduites de raccordement afin d'empêcher leur arrachement.

Si le local n'est pas totalement inondé, des forces moins grandes agissent sur la cuve. Alternative-ment, des cuves peuvent être ancrées à la dalle basse avec des sangles.

Évacuation d'eau des sous-sols par pompage

Les opérations commencent le plus souvent très rapidement par le pompage de l'eau hors des sous-sols inondés dans le cadre d'interventions en cas de crues. La sécurité des forces d'intervention, des habitants et du bâtiment doit être alors toujours garantie.

Danger d'électrocution : l'eau peut être sous tension. Les travaux ne doivent commencer qu'une fois l'alimentation en électricité mise hors tension par un/e spécialiste des sapeurs-pompiers ou par le gestionnaire du réseau.

Substances dangereuses : l'eau peut être contaminée par des substances dangereuses (mazout, produits chimiques, etc.). Les travaux ne doivent débuter qu'après consultation de spécialistes en la matière. En outre, des vêtements de protection doivent être portés.

Les différents niveaux d'eau (remontée de nappe phréatique, pompage d'eau hors de locaux isolés) peuvent engendrer d'énormes forces de compression. Il en résulte de nouveaux dangers et risques, lesquels ne sont pas toujours clairement identifiables :

- En cas de travaux dans un local fermé, des portes ouvrant vers l'intérieur ne peuvent plus être poussées par une personne déjà à partir d'une hauteur d'eau de 30 cm. Par conséquent, la voie de repli est coupée.
- Si les portes s'ouvrent vers l'extérieur, l'ouverture peut se faire alors brusquement avec une violence immense. Il y a un danger de mort maximal.

Ne pas séjourner dans des locaux à l'intérieur desquels le processus d'inondation est encore en cours. Ne pas ouvrir de portes soumises à une pression hydraulique élevée.

- Dans le cas d'un sous-sol totalement envahi, il peut être supposé que la surface libre de la nappe phréatique a également monté et qu'elle est au moins aussi haute que le niveau d'eau dans le bâtiment. Si le sous-sol est très vite vidé par pompage, il s'ensuit une grande différence dans les niveaux d'eau. Celle-ci induit une poussée hydrostatique sur le bâtiment. Les dalles de plancher et les parois du sous-sol sont soumises à de grandes forces. La dalle basse peut se rompre, les murs peuvent s'écrouler ou le bâtiment tout entier peut flotter.

Ces dommages ne s'annoncent pas et des contre-mesures ne sont plus possibles. De ce fait, tout le bâtiment risque alors de s'effondrer.

Les forces d'intervention et les habitant/es courent un danger extrême. Toujours évacuer l'eau du bâtiment par pompage uniquement après une évaluation réalisée par un/e spécialiste en matière de construction.

En présence d'un niveau élevé de nappe phréatique et d'un bâti fragile (faible charge de construction), il peut être même indispensable d'inonder sciemment avec de l'eau propre des sous-sols pas encore totalement envahis pour équilibrer ainsi les pressions et protéger le bâtiment de dommages plus grands.

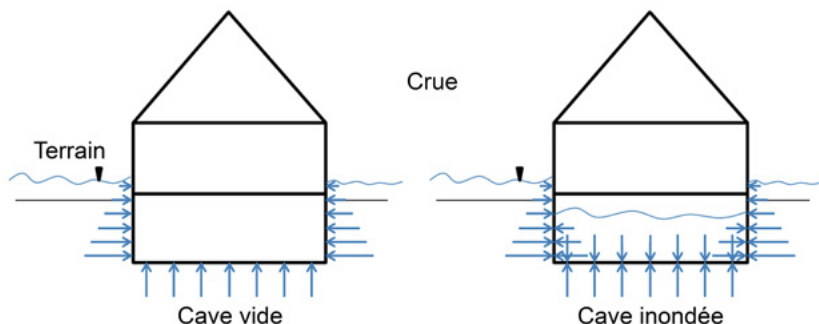


Fig. 84 : Pression d'eau dans le cas d'une cave vide et dans celui d'une cave inondée (école régionale des sapeurs-pompiers du Bade-Wurtemberg)

Bibliographie

Office fédéral du développement territorial ARE ; Office fédéral de l'environnement OFEV, Recommandation Aménagement du territoire et dangers naturels.



<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dangers-naturels/droit/aides-execution-dangers-naturels.html.html>

Office fédéral de l'environnement OFEV, Crues et laves torrentielles, fiches d'information Processus de dangers.



<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dangers-naturels/donnees-de-base-et-utilisation-du-territoire/processus-de-danger-et-donnees-de-base.html>

Office fédéral de l'environnement OFEV, Réchauffement climatique : l'instabilité du pergélisol augmente la fréquence des écroulements.



<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dangers-naturels/dossiers/rechauffement-climatique-et-ecroulements.html>

Deutsche Vereinigung für Wasserversorgung, Abwasser und Abfall e.V. (association allemande pour la gestion des eaux, des eaux résiduelles et des déchets), fédération régionale de Saxe/Thuringe (éditeur) (2011) : Cote d'alerte de crue 4 – Est-il trop tard ? Possibilités et limites de la protection opérationnelle contre les crues, Dresde.

Jüpner, Robert ; Weichel, Thilo (2013) : Inundation caused by dike break – real-time forecast and monitoring during the Flood 2013, in : EVAN 2013, Proceedings of the 1st International Short Conference on Advances in Extreme Value Analysis and Application to Natural Hazards. pp. 105 – 114.

Canton de Berne (éditeur) (2012), Documents de cours Dangers de l'eau, Berne.

Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT, Formation d'une inondation.

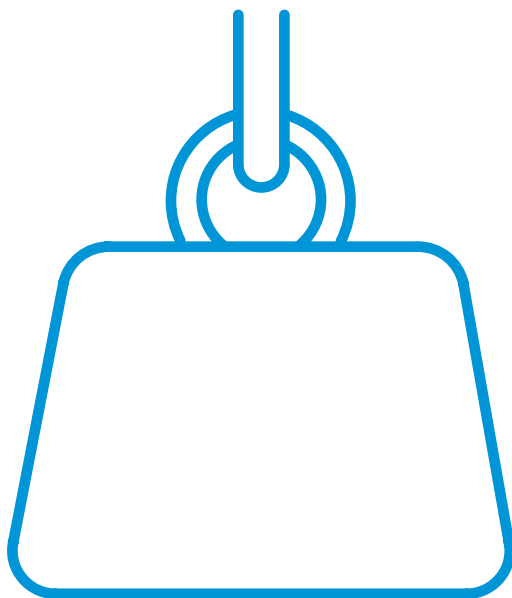


<https://www.planat.ch/fr/naturgefahren/-risiken/cruces>

Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, Office fédéral des eaux et de la géologie (éditeur) (2004) : Protection mobile contre les crues. Systèmes destinés aux cas d'urgence, Bienne.

Manuel Pionnier

Soulever, déplacer et assurer des charges



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division protection civile et formation

Version 2025-07

Tables des matières

5 Vue d'ensemble

- 5 Mission et engagement**
- 6 Principes de base**
- 6 Déplacer des charges (traction au sol)
- 6 Soulever des charges
- 6 Soulever et déplacer des charges
- 7 Processus d'intervention pour le déplacement de charges

8 Sécurité

- 8 Prescriptions de sécurité**
- 8 Explication de la zone de bondissement :**
- 10 Autres règles de sécurité

11 Ancrages

- 11 Généralités**
- 11 Ancrages préparés
- 11 Ancrages improvisés
- 12 Système d'ancrage redondant
- 12 Défaillance des ancrages
- 13 Ancrages dans le béton**
- 13 Principes généraux
- 14 Exemple
- 16 Exemples pratiques
- 16 Ancrages au sol**
- 16 Principes généraux
- 18 Tiges d'ancrage
- 22 Ancrage Totmann
- 23 Ancrage à plaque pivotante
- 24 Ancrages réalisés sur des arbres**
- 26 Ancrages réalisés sur des rochers**
- 27 Ancrages improvisés sur des bâtiments**
- 27 Généralités
- 28 Ancrage dans une bouche d'égout
- 29 Ancrage à traverse

30 Longes et éléments d'attache

- 30 Charge**
- 30 Influence des angles**
- 32 Arêtes vives**
- 33 Élingues et sangles de levage**
- 35 Manilles**
- 36 Câbles**
- 38 Cordes**
- 40 Nœuds et liens pour les constructions auxiliaires et le matériel
- 44 Sangles d'arrimage**

45 Déplacer des charges avec des tire-câbles

45 Tire-câbles portables

45 Avantages et inconvénients des tire-câbles portables

47 Systèmes de palans

47 Palans simples pour tire-câbles

47 Poulies de renvoi

48 Tirer des charges (traction au sol)

48 Frottements statique et dynamique

49 Frottement par roulement

51 Lever et déplacer des charges à l'aide d'un bipied ou d'un trépied

51 Dimensions des pieds (bois rond ou équarri)

52 Trépied improvisé

57 Bipied improvisé

58 Soulever et déplacer des charges à l'aide d'une grue bipied improvisée

62 Fixer le palan au trépied ou bipied improvisé

64 Dimensionnement des potences

64 Soulever des charges à l'aide de potences improvisées

64 Possibilités d'utilisation

64 Potences en bois

66 Potences réalisées à l'aide de barres d'échafaudage

67 Déplacer des charges avec des engins de levage

67 Engins de levage

67 Soulever une charge à l'aide d'un pied de biche

69 Règles d'utilisation

69 Considérations générales

69 Soulever les objets d'un seul côté

71 Coussins de levage

Vue d'ensemble

Ce chapitre présente des informations utiles pour soulever, déplacer et assurer du matériel et des objets et non des personnes.

Mission et engagement

En cas de catastrophe, il est possible que l'utilisation d'engins professionnels efficaces (pelles mécaniques, grues, élévateurs télescopiques, treuils lourds, etc.) soit empêchée ou retardée en raison des conditions d'accès ou de la situation particulière. Lors d'opérations de sauvetage dans les décombres ou de travaux de sécurisation et de remise en état, les pionniers doivent par conséquent être en mesure de soulever, déplacer et assurer des charges de manière autonome à l'aide d'un équipement simple et transportable.

Ils peuvent être appelés à réaliser ces tâches dans des conditions difficiles (moment de la journée, météo, accessibilité, infrastructure) et avec des méthodes improvisées. Cela fait partie des compétences fondamentales de la protection civile.

Pour soulever, déplacer et assurer des charges, il convient dans la mesure du possible de privilégier l'emploi d'équipements performants maniés par des professionnels. Cette manière de procéder est plus sûre, ergonomique et efficace que l'engagement de personnel de milice doté d'un équipement simple.

Principes de base

Déplacer des charges (traction au sol)

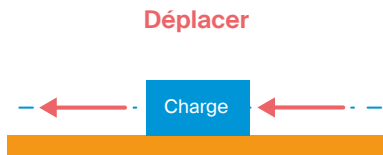


Fig.1 : Déplacer des charges (OFPP)

- Tirer à l'aide de tire-câbles manuels ou motorisés
- Pousser à l'aide d'engins de levage mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques

Soulever des charges

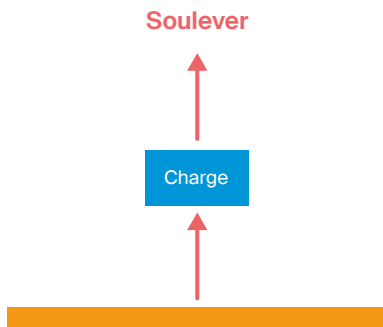


Fig.2 : Soulever des charges (OFPP)

- Soulever à l'aide de tire-câbles, de treuils ou de trépieds
- Soulever à l'aide d'engins de levage mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques

Soulever et déplacer des charges

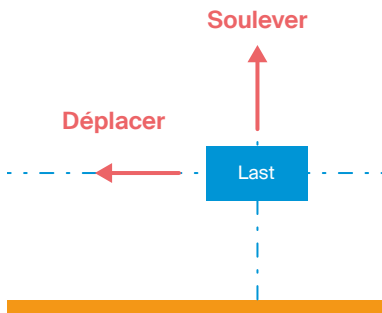


Fig.3 : Soulever et déplacer des charges (OFPP)

- Soulever et déplacer simultanément à l'aide de tire-câbles, de treuils ou d'une grue bipied
- Soulever et déplacer simultanément à l'aide d'une grue à portique

Processus d'intervention pour le déplacement de charges

Évaluer la situation

- Estimer et calculer la charge et la force de traction et de levage
 - Estimer le point de gravité et de basculement de la charge
 - Déterminer le point de destination, la distance ou la hauteur à franchir
 - Chercher et évaluer de possibles points d'ancrage et éléments d'appui
 - Évaluer l'environnement (type de sol, pente, objets, etc.)
 - Évaluer les moyens à disposition
-

Examiner les solutions possibles et en retenir une

- Définir le système de traction ou de levage
 - Déterminer les points d'ancrage pour les engins de traction ou la position des engins de levage
 - Déterminer la méthode d'élingage de la charge
 - Déterminer la méthode d'étagage
 - Planifier les constructions auxiliaires
 - Réaliser un croquis et établir la liste de matériel
-

Mettre en place le système

- Réaliser les ancrages et les constructions auxiliaires
 - Dérouler les câbles
 - Fixer la charge, les poulies de renvoi et le tire-câble ou positionner les engins de levage
 - Préparer le matériel d'étagage
 - Effectuer un contrôle de sécurité
-

Déplacer la charge

- Un-e seul-e chef-fe commande
 - Si nécessaire, désigner un-e chef-fe supplémentaire responsable de la sécurité
 - Seules les personnes manipulant les engins se trouvent dans la zone de danger
 - La charge est toujours assurée
 - Observer continuellement le système de traction ou de levage et le déplacement de la charge
 - Lors de déplacements incontrôlés de la charge ou d'autres problèmes :
STOP – interrompre toutes les activités. Prendre suffisamment de distance pour se mettre en sécurité, examiner la situation et adapter éventuellement le système.
-

Tab. 1 : Présentation du processus de déplacement de charges

Sécurité

Prescriptions de sécurité

Extrait des directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile (version du 14.10.2019).

Art. 43 Levage, déplacement et étayage

¹ Les charges doivent être étayées en continu avant d'être soulevées au moyen de vérins, de coussins de levage ou d'autres engins.

² Il est interdit de travailler sous ou sur des charges levées si celles-ci ne sont pas étayées.

³ Seule la personne qui manie l'engin doit se trouver dans la zone de bondissement du câble. Si le câble est dévié, il est interdit de se tenir dans la zone de bondissement.

Explication de la zone de bondissement :

Tous les câbles (y compris les câbles métalliques statiques) se comportent de manière élastique lorsqu'ils sont sous charge. Ils sont précontraints et tendus comme un ressort et l'énergie y est stockée. En cas de défaillance d'un élément (ancrage, câble, élément d'attache), cette énergie est libérée de manière explosive. En présence de forces de traction élevées, les câbles ou le matériel d'ancrage peuvent être projetés sur de longues distances et provoquer des accidents graves.

Règle générale : la zone de bondissement comprend les zones circulaires autour de chaque point d'ancrage. Le rayon correspond à la section de câble la plus longue. La distance de sécurité pour les personnes est de 1,5 fois le rayon.

Le renvoi est soumis à la double force de traction. L'énergie centrifuge lors d'une défaillance du point de renvoi est par conséquent très importante.

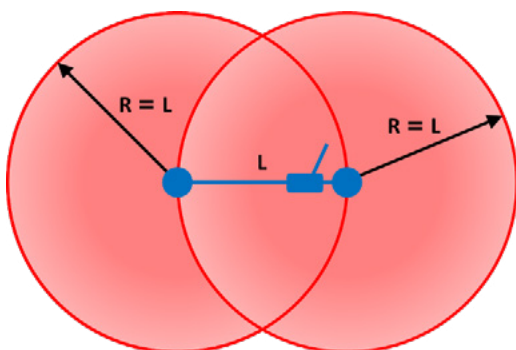


Fig. 4 : Zone de bondissement avec une traction directe.

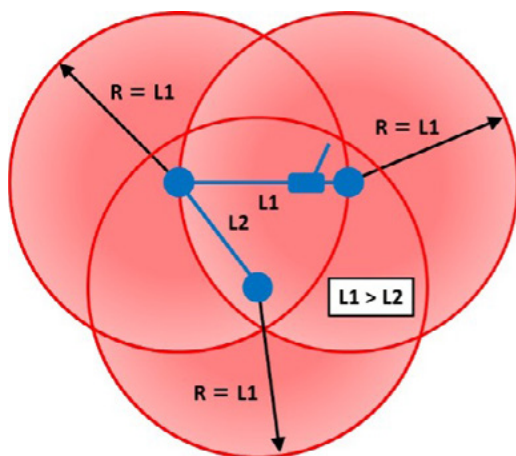


Fig. 5 : Zone de bondissement avec une traction déviée.

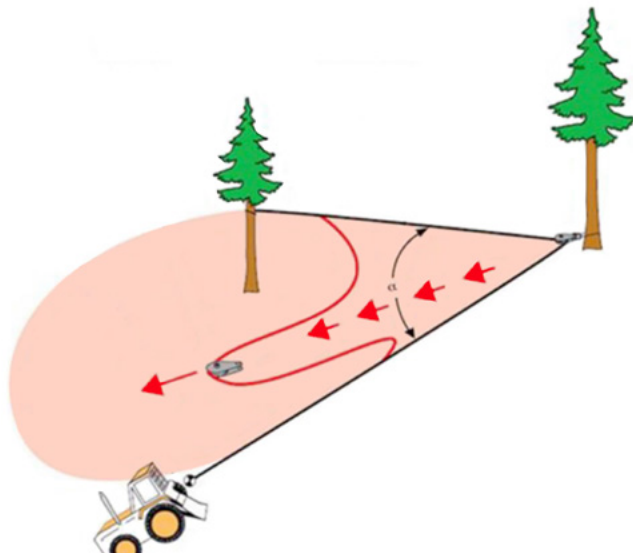


Fig. 6 : Danger provoqué par la poulie de renvoi dans l'angle intérieur du câble

Autres règles de sécurité

- Il est interdit d'utiliser du matériel de levage endommagé (engins de traction et de levage, câbles, longes ou éléments d'attache).
- Les charges ne doivent jamais se déplacer de manière incontrôlée ou involontaire. À cet effet, elles seront toujours assurées.
- Il est interdit d'effectuer des mouvements giratoires avec la masse ou des outils semblables.

Des règles de sécurité supplémentaires figurent dans les différents chapitres.

Ancrages

Lors des interventions, il convient d'installer un nombre suffisant d'ancrages solides pour fixer les engins de traction et les charges ou les appareils et les constructions. De manière générale, les conditions sur le lieu de l'intervention ainsi que les possibilités de réaliser des ancrages ne sont pas connues à l'avance. On ne peut, par conséquent, qu'estimer l'état, la qualité et la solidité des points d'ancrage disponibles.

Généralités

Ancrages préparés

- Outils d'ancrage homologués, en vente sur le marché. Ils doivent être montés et utilisés selon les prescriptions du fabricant.
- Ancrages planifiés, mesurés et contrôlés par un-e spécialiste (éventuellement directement sur place).

Le fabricant est responsable de la fonctionnalité et de la sécurité des produits. Il convient de choisir des ancrages en vente sur le marché ou planifiés lorsque la situation exige qu'ils puissent être utilisés et résister à la charge pour une longue durée (en particulier après la fin de l'intervention). Ces ancrages sont des éléments de construction et doivent être conformes aux normes en vigueur.

Ancrages improvisés

- Ancrages en vente sur le marché ou préparés (p. ex. ancrages dans le béton) dont le respect des prescriptions du fabricant ne peut être garanti (p. ex. qualité du béton inconnue).
- Ancrages réalisés provisoirement et qui n'ont pas été évalués par un-e spécialiste.

Il faut envisager le pire lorsqu'il s'agit d'estimer la solidité d'ancrages improvisés. Ils doivent en principe être utilisés temporairement au cours d'une intervention et démontés lorsque celle-ci est terminée.

Ancrages

Système d'ancrage redondant

En présence de points d'ancrage peu solides ou difficiles à évaluer, il est recommandé de répartir le poids de la charge sur plusieurs points d'ancrage reliés entre eux par blocage de la force. Ainsi, en cas de défaillance d'un des points d'ancrage, la charge est répartie sur les autres points et le système reste efficace. Lors de l'installation d'un système d'ancrage redondant, il convient de s'assurer que les moyens d'attache entre les différents points d'ancrage ainsi que le point de fixation final soient suffisamment solides.

Défaillance des ancrages

Les ancrages peuvent céder de manière soudaine (p. ex. ancrages dans le béton) ou progressive (p. ex. ancrages dans le sol). Lors d'une défaillance soudaine, le temps de réaction est trop court pour se mettre en sécurité. En cas de défaillance progressive, par contre, il reste suffisamment de temps pour rejoindre un endroit sûr.

Les ancrages ne doivent jamais être soumis à une charge plus élevée que celle admise (indications du fabricant) ou à une charge entraînant la rupture. Il convient toujours de prévoir une marge de sécurité. En cas de doute, mettre en place des systèmes d'ancrage redondants.

Ancrages dans le béton

Principes généraux

Les ancrages dans le béton doivent être utilisés en respectant les prescriptions du fabricant, notamment la qualité de béton requise.

Règle générale : Lorsque la qualité du béton n'est pas connue, on peut considérer qu'en Suisse, un béton compact et sain correspond au moins à la classe de résistance C20/25.

Lors des interventions, il faut toujours partir du principe que l'on est en présence d'un béton déchiré. Il convient par conséquent de n'utiliser que des ancrages autorisés pour ce genre de béton. Un béton jeune, qui n'a pas encore durci (< 28 jours), représente un problème particulier. En effet, beaucoup d'ancrages ne sont pas autorisés dans ce cas, car la solidité est fortement réduite.

Les ancrages dans le béton peuvent aussi être utilisés avec de la roche dure et compacte (calcaire, granite, gneiss, etc.). Il faut par contre être extrêmement prudent en présence de roches tendres et friables (grès, ardoise, etc.), car la solidité de l'ancrage dans le béton peut être nulle. Quand cela n'est pas possible autrement, installer dans ce type de roches des ancrages longs avec un grand diamètre, les ancrer en profondeur et faire appel à un-e spécialiste.

Les ancrages dans le béton utilisés pendant une longue durée à l'extérieur ou dans des zones humides doivent être homologués pour cet usage. Il convient de prendre en compte également que la plupart des ancrages dans le béton sont conçus pour des charges dormantes.

En cas de charges exceptionnelles (p. ex. importante charge de choc, vibrations), le choix de l'ancrage doit être opéré avec les conseils d'un-e spécialiste.

Les ancrages dans le béton peuvent subir les défaillances suivantes :

- Défaillance de l'acier
- Rupture du béton
- Fissures dans le béton
- Arrachement de l'ancrage

Ancrages

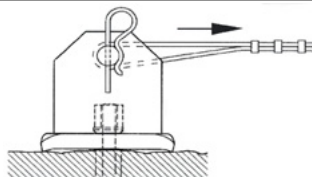
Exemple

Tige d'ancrage

L'effet d'expansion et de pression de l'élément d'expansion permettent d'absorber les forces de traction par frottement.

Ancrage dans le béton 5 t de la protection civile

- Pour des charges importantes jusqu'à 5 t
- Pour fixer des engins de traction et de levage



Avantages

- Système complet avec des tiges d'ancrage de différentes longueurs, une plaque d'ancrage et une contre-plaque
- Le trou de forage et la tige d'ancrage peuvent être utilisés plusieurs fois
- Aucune qualité de béton prescrite

Inconvénients

- Grand diamètre de forage
- L'installation nécessite un équipement de forage lourd
- De grandes forces d'expansion sur la paroi du trou de forage
- Épaisseur des composants requise > 20 cm
- Distance au bord et entraxe élevés
- Le couple prescrit (clé dynamométrique) doit être respecté

Cheville d'ancrage avec filetage extérieur

- Ancrage dans le béton utilisé couramment dans le secteur de la construction
- Pour des charges moyennes
- Également pour la sécurité antichute et le sauvetage (à partir de 12 mm de diamètre)



Avantages

- Installation facile
- Enfilable grâce à des éléments additionnels
- Petit diamètre des trous de forage

Inconvénients

- De grandes forces d'expansion sur la paroi du trou de forage
- Le couple prescrit (clé dynamométrique) doit être respecté

Cheville compacte avec filetage intérieur

- Est utilisée dans le secteur de la construction
- Pour des charges réduites
- Pour fixer des engins (p. ex. matériel de carottage)
- Ne doit jamais être utilisée pour des personnes (sécurité antichute et sauvetage)



Avantages – Installation facile – Profondeur d'ancrage réduite, peut donc être utilisée également avec une faible épaisseur de composant – Aucun couple prescrit	Inconvénients – L'installation nécessite des outils spécifiques – Répartition des forces d'expansion sur la paroi de forage
---	---

Ancrage à vis

Lorsqu'il est vissé, le filetage s'enfonce dans le béton et les forces de traction sont absorbées par la complémentarité des formes.

Vis d'ancrage (vis à béton)

– Est utilisé dans le secteur de la construction – Pour des charges moyennes – Peut également être utilisé pour la sécurité antichute et le sauvetage (à partir d'un diamètre de 12 mm)	
Avantages – Installation très facile – Très petit diamètre de forage = une perceuse sans fil suffit – Presqu'aucune pression d'expansion, distances aux bords et entraxes (au centre) réduits – Aucun couple prescrit – Réutilisable selon les modèles	Inconvénients – Grande résistance à l'insertion – Selon le modèle, problèmes de vissage dus à la proximité des fers d'armature

Les ancrages adhésifs (ancrages à base de composants chimiques) sont moins adaptés aux conditions liées à l'intervention, car ils ne peuvent être chargés qu'après un temps de prise (durcissement de l'adhésif). Leur utilisation est en outre plus complexe.

Règles de base pour l'installation (sous réserve des prescriptions du fabricant) :

- Choisir le type d'ancrage approprié
- Vérifier la qualité du substrat (éventuellement en tapant avec un marteau)

- Veiller à utiliser des éléments de construction suffisamment épais
- Distance au bord min. $10 \times$ le diamètre du trou de forage, distance au centre min. $20 \times$ le diamètre du trou de forage
- Utiliser la perceuse prescrite
- Percer à angle droit par rapport à la surface et à une profondeur suffisante (respecter la profondeur de réglage prescrite)
- Nettoyer le trou de forage
- Respecter le couple prescrit

Exemples pratiques

		
Ancrage dans le béton 5t avec la plaque d'ancrage	Point d'ancrage improvisé avec un boulon traversant M16	Fixation d'engin avec une vis d'ancrage de 16 mm et une tige filetée B15

Ancrages au sol

Principes généraux

Sans planification ni contrôle effectué par un-e spécialiste, les ancrages au sol doivent toujours être considérés comme improvisés.

Les ancrages au sol peuvent connaître différentes causes de défaillance :

- défaillance du matériel de l'ancrage
- défaillance du sol

Contrairement au matériau d'ancrage, la résistance du sol est souvent inconnue. Elle dépend de la résistance au cisaillement du sol et ne peut être estimée qu'approximativement par des profanes. Elle a cependant une influence décisive sur la résistance à la traction de l'ancrage.

En **règle générale**, la résistance au cisaillement des sols peut être classée dans les catégories suivantes :

Type de sol	Résistance au cisaillement
Gros gravier, bien calibré	Bonne  Mauvaise
Gravier bien calibré / sable	
Gravier / sable	
Sable grossier ; argile ferme	
Sable fin / limon ; argile molle (teneur en eau élevée)	
Sols organiques (p. ex. tourbe, landes) ; sols à forte teneur organique	

Tab. 2 : Catégories pertinentes pour la résistance au cisaillement

La résistance du sol au moment d'enfoncer l'ancrage donne une bonne indication sur sa qualité : une résistance élevée indique un sol solide, une faible résistance indique un sol meuble.

Les influences météorologiques (p. ex. fortes précipitations) peuvent réduire considérablement la résistance au cisaillement d'un sol, en particulier celle de sols à grain fin.

Tiges d'ancrage

Il est possible d'utiliser les systèmes en vente sur le marché ou des systèmes improvisés tels que des sardines, des profils d'acier (p. ex. des barres d'échafaudage) ou des piquets de bois.

Plus la résistance au cisaillement du sol est mauvaise, plus le diamètre de la tige et la profondeur d'ancrage doivent être importants. Dans les sols durs (p. ex. routes asphaltées), il convient d'utiliser des tiges fines (p. ex. des sardines). À l'opposé, il convient d'utiliser des tiges épaisses (p. ex. des piquets de bois) dans les sols meubles.

Règle de base pour estimer la charge admise : dans des sols stables et si le matériel d'ancrage est suffisamment solide, les ancrages à tige peuvent supporter des forces de traction allant jusqu'à env. 1,5 t.

En raison de la mécanique du sol, les tiges d'ancrage doivent être poussées dans le sol verticalement ou, de préférence, à un angle de 20° par rapport à la direction de la traction

Avantages

- Simples = peuvent être installés à la main, sans outils spéciaux
- Peuvent être utilisés dans des endroits difficiles d'accès
- Peuvent être réalisés provisoirement avec du matériel disponible sur place (bois rond/équarri, barres, fers d'armature)

Inconvénients

- Résistance à la traction limitée
- La charge de traction ne peut s'exercer que parallèlement au sol
- Travaux manuels lourds, en particulier le démontage des tiges
- Avec des tiges épaisses, il est souvent nécessaire de percer des trous au préalable
- Non applicable ou applicable seulement sous conditions dans un sol dur parsemé de grosses pierres

Tab. 3 : Avantages et inconvénients des tiges d'ancrage

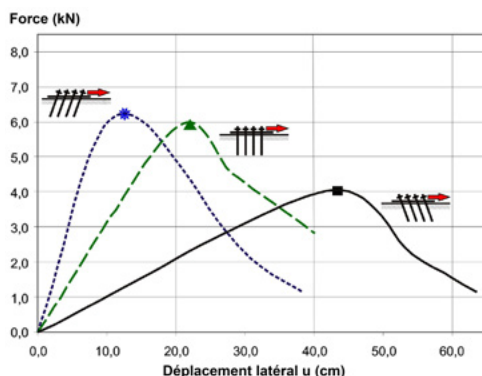


Fig. 7 : Essais de charge dans le sable avec des sardines inclinées différemment : 20° dans la direction de la traction ou dans la direction inverse (école nationale des sapeurs-pompiers du Land de Hesse)

Pour augmenter la résistance à la traction ou pour obtenir une sécurité supplémentaire, il faudrait si possible utiliser plusieurs barres pour créer un système d'ancrage redondant. Une distinction doit être faite entre les deux formes de base que sont l'ancrage en ligne et l'ancrage triangulaire :

Ancrage en ligne

Les tiges sont enfoncées en ligne, exactement dans l'axe de traction, et elles sont reliées entre elles par blocage de la force. Tant que la charge est appliquée le long de l'axe, la force est transmise aux tiges de manière optimale.



Fig. 8 : Ancrage en ligne avec trois tiges (croquis)

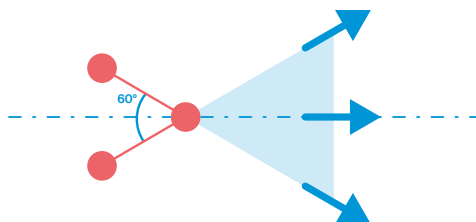


Fig.10 : Ancrage triangulaire avec trois tiges (croquis)



Fig. 9 : Ancrage en ligne avec trois groupes de tiges (croquis)

Mais dès que la force s'écarte de l'axe, toutes les tiges ne sont plus chargées de la même manière. Lorsque l'écart par rapport à l'axe est important, toute la force s'exerce sur la première tige. On peut alors voir se produire un phénomène semblable au principe de la fermeture éclair : une tige après l'autre est chargée individuellement puis arrachée. L'ancrage risque de céder complètement. Un ancrage en ligne n'est donc approprié que si la direction de la traction est connue et ne change pas de manière significative.

Ancrage triangulaire

Les deux barres à l'arrière sont installées avec un angle d'ouverture maximal de 60° et sont reliées par blocage de la force à la barre à l'avant pour former un triangle. En raison de l'angle d'ouverture, la transmission de la force aux tiges à l'arrière est moins optimale qu'avec l'ancrage en ligne. D'autre part, un changement de direction de traction est possible dans la zone de l'angle d'ouverture. La force est toujours supportée par au moins deux tiges.

Groupes de tiges

Si l'on ne dispose que de tiges fines pour des sols meubles, il est possible d'augmenter la résistance de l'ancrage en enfonçant les tiges de manière groupée.

Ancrages

Différentes résistances des tiges d'ancrage

La tige d'ancrage la plus avancée ne doit jamais être la première à céder. Dans ce cas, c'est l'ensemble de l'ancrage qui va être arraché avant que la limite de charge effective de l'ensemble du système d'ancrage ne soit atteinte. Lorsque l'on installe des ancrages improvisés, il convient de s'assurer que la tige la plus solide occupe la première position (p. ex. un piquet de bois avec le plus grand diamètre).

Conseils pour le démontage des ancrages à tiges

- Retirer et tourner toutes les tiges simultanément (selon le type de tige avec une clé à fourche, une pince, un extracteur de piquets, etc.).
- Si la résistance est importante, ramollir la terre autour des trous avec de l'eau ou sortir les tiges à l'aide d'engins de levage (cric, treuil, écarteur de secours, etc.).

Traction exercée vers le haut

Si la direction de la traction ne s'exerce pas parallèlement à la surface du sol mais vers le haut, l'angle d'installation des tiges doit être adapté en conséquence.

Règle de base : l'angle de traction vers le haut ne devrait pas dépasser 20°.

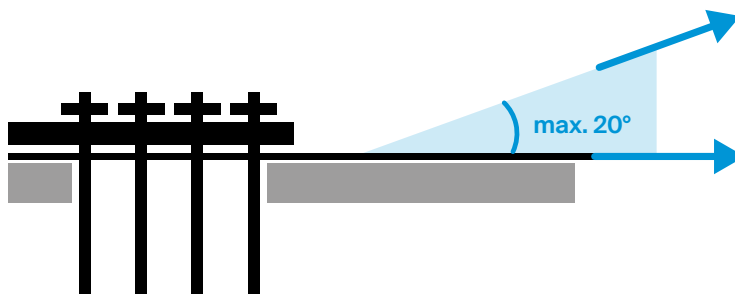
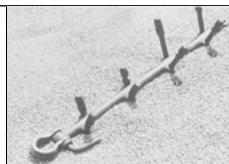


Fig. 11 : Angle maximal pour les ancrages à tiges

Ancrages titans

- Système d'ancrage
- Charge admise jusqu'à 1,5 t
- Les tiges sont enfoncées en formant un V. La force est ainsi répartie sur une importante partie du sol
- Lourd (pas en titane mais en acier)



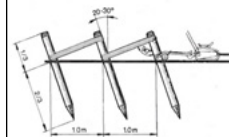
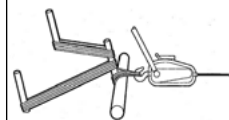
Ancrage simple avec des sardines

- Système d'ancrage
- Charge admise jusqu'à 1,5 t
- Rellés à l'aide de fers plats
- Simple, robuste
- Possibilité d'adapter la disposition des fers plats



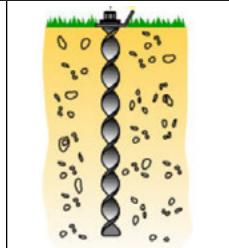
Ancrage avec des piquets de bois

- Ancrage provisoire avec des piquets de bois
- Pour des sols meubles
- Longueur des piquets 1,2-2 m
- Diamètre des piquets 12 cm
- Distance entre les piquets 1 m
- $\frac{2}{3}$ des piquets enfoncés dans le sol
- Creuser éventuellement des trous avant de planter les piquets (avec une barre à mine ou une tarière)
- Valeur indicative pour la charge admise par piquet : 150 à 300 kg (selon le sol)
- Les liens entre les piquets doivent toujours être à angle droit par rapport à la surface du sol



Ancrage torsadé

- Système d'ancrage
- Charge admise jusqu'à env. 3 t
- Force de maintien nettement plus élevée qu'avec des sardines standard
- Est enfoncé et peut facilement être retiré par rotation
- Différentes possibilités de raccordement



Tab. 4 : Tiges d'ancrages (exemples)

Ancrage Totmann

Cet ancrage improvisé convient parfaitement lorsque l'on cherche à disposer de forces d'ancrage importantes.

Avantages

- Force d'ancrage maximale admise dans un sol dur de 2 à 3 t env.
- Installation facile sur le plan technique
- Peut être installé provisoirement à l'aide de matériel disponible sur place (bois rond ou équarri, etc.)
- Peut être soumis à une charge pour une durée prolongée

Inconvénients

- L'installation et le démontage nécessitent beaucoup de temps
- Nécessite d'importants travaux d'excavation

Installation

- Creuser un trou d'une longueur de 2 à 3 m et d'une profondeur d'un mètre à angle droit par rapport à la direction de traction. Y déposer un rondin d'un diamètre de 20 à 30 cm.
- Attacher la corde de traction autour du milieu du rondin. Creuser une fente étroite pour amener la corde à la surface avec une pente de 20°.
- Combler le trou et tasser la terre.

En appliquant les données du tableau ci-dessous, l'ancrage Totmann peut être utilisé pour assurer des forces d'ancrage très importantes. Dans ces cas, le trou doit être creusé avec des machines.

Tab. 5 : Avantages et inconvénients des ancrages Totmann

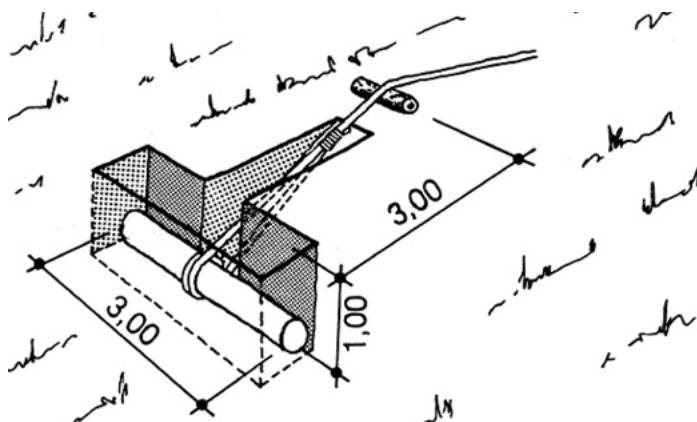


Fig.12 : Principe d'un ancrage Totmann (Armée suisse)

Force d'ancrage [t]	Diamètre du rondin en cm avec une longueur de	
	4 m	6 m
4	29	34
6	34	38 (a)
8	37 (b)	41 (a)
10	40 (b)	45 (a)
12	-	48
14	-	51
16	-	53

Tab. 6 : Forces d'ancrage admises par des ancrages Totmann présentant un trou d'une profondeur de 1,5 à 2 m (selon Pestal et Heinemann)
((a) = sol très meuble, de mauvaise qualité ; (b) = sol très dur, de bonne qualité)

Ancrage à plaque pivotante

Ce type d'ancrage est en vente sur le marché. Selon les dimensions, il est enfoncé dans le sol à l'aide d'une masse ou d'un marteau piqueur, par exemple. Un câble métallique ou une tige filetée sert d'élément d'attache. Une traction de ce dernier fait pivoter l'ancrage dans le sol perpendiculairement à la direction de la traction, ce qui permet de verrouiller l'ancrage.

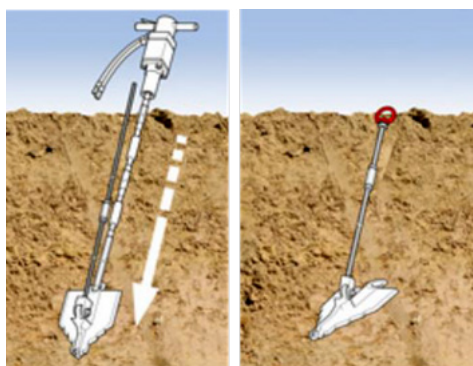


Fig.13 : Principe d'installation et de fonctionnement d'un ancrage à plaque pivotante

Différentes formes et dimensions sont disponibles pour différents types de sols et charges de traction. Les plus grands ancrages peuvent supporter des charges de traction allant jusqu'à 10 t.

Avantages

- Montage rapide et simple
- Peut être chargé dans toutes les directions (également perpendiculairement à la surface du sol) si l'angle d'installation est correct
- Charge admise élevée
- Peut aussi être utilisé dans des emplacements difficiles
- Peut aussi être installé dans des sols durs
- Possibilité d'utiliser des ancrages de manière redondante

Inconvénients

- L'installation nécessite des outils de battage spécifiques
- Ne peut être utilisé qu'une seule fois (l'élément de liaison doit être sectionné, l'ancrage reste dans le sol)

Tab. 7 : Avantages et inconvénients des ancrages à base pivotante

Ancrages

Ancrages réalisés sur des arbres

Principe : Les arbres isolés ou les groupes d'arbres sont de bons points d'ancrage. Les ancres réalisés sur des arbres font partie des systèmes d'ancrage improvisés.

Règles d'utilisation

Évaluer les propriétés de l'arbre

- La couronne de l'arbre est-elle intacte, le feuillage est-il dense ?
- Existe-t-il des parties du tronc ou des branches sèches ?
- Le tronc est-il attaqué par un champignon, l'écorce est-elle endommagée ou sèche ?

- Le tronc est-il fissuré, les racines sont-elles blessées ?
- L'arbre est-il situé sur un rivage, sur le bord d'un terrain, sa base est-elle creuse ?
- Le diamètre de l'arbre est-il suffisant (cf. tableau 8) ou la charge peut-elle être répartie sur plusieurs arbres ?

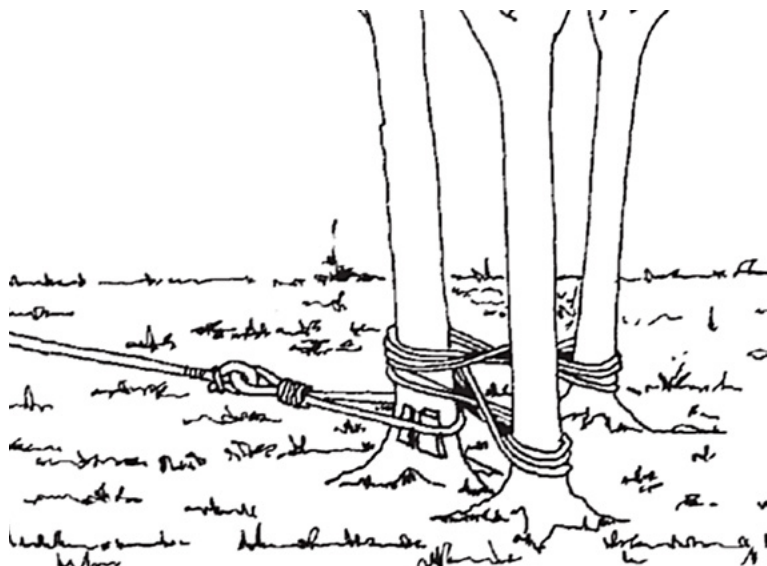
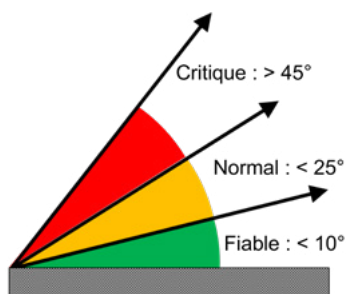


Fig.14 : Ancrage redondant avec trois arbres (Armée suisse)

Diamètre de l'arbre à hauteur de poitrine ⁽¹⁾ [cm]	Force d'ancrage admise [t]
20	1,3
25	2,1
30	3,0
35	4,1
40	5,3
45	6,7
50	8,3

Tab. 8 : Valeurs indicatives concernant la charge admise par les arbres
(¹) hauteur de poitrine = 1,3 m).



Charge admise

La tableau ci-dessous présente les valeurs indicatives concernant la charge admise par les arbres à une hauteur maximale de 0,5 m et avec un angle de traction de 25° vers le haut. Avec un angle de traction de plus de 25° , les forces d'ancrage admises doivent être corrigées vers le bas.

Les éléments d'attache ne doivent pas être fixés au tronc à une hauteur de plus de 0,5 m. Il convient de choisir des éléments souples (cordes, sangles, ceintures de levage, etc.) qui ne blessent pas le tronc ou de protéger celui-ci lorsque cela n'est pas possible en utilisant des planches en bois, des couvertures, etc.

Ancrages réalisés à l'aide de souches

Les ancrages peuvent également être installés sur des souches récentes. Pratiquer des encoches ou faire passer l'élément d'attache sous une racine solide afin d'éviter que l'élément d'attache ne glisse.

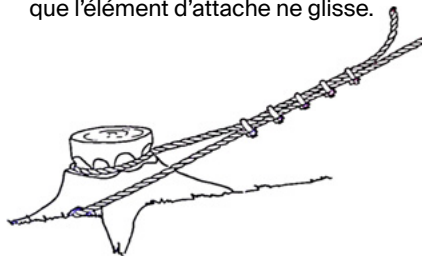


Fig.15 : Ancrage de corde effectué sur une souche (Armée suisse)

Ancrages réalisés sur des rochers

Principe : L'utilisation de blocs de pierre permet de réaliser des ancrages improvisés solides.

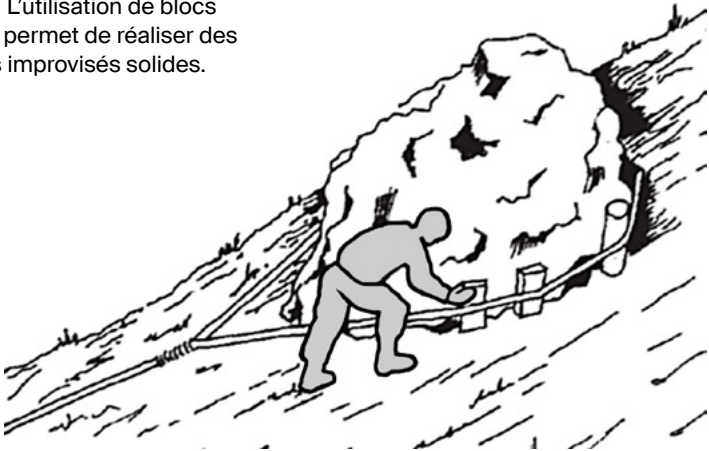
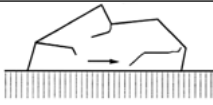


Fig.16 : Ancrage sur un rocher (Armée suisse)

Volume du rocher	Force d'ancrage admise en [t] selon l'inclinaison des terrains		
	10 % de pente	Horizontal	10 % de pente
			
3 m ³	1,0	1,5	2,0
5 m ³	1,5	2,5	3,5
8 m ³	2,5	4,0	5,5

Tab. 9 : Valeurs indicatives concernant la charge admise par les blocs de pierre

Règles d'utilisation

Évaluer les propriétés du rocher :

- Le rocher est-il dur et solide ?
- A-t-il la courbure nécessaire pour absorber la charge de traction ? (cf. tabl. 9)
- Existe-t-il des angles tranchants ?
- L'élément d'attache peut-il être fixé de manière sûre et sans risque de glisser ?

Ancrages improvisés sur des bâtiments

Généralités

Lors d'interventions dans des zones habitées ou près des axes de circulation, les ancrages peuvent être installés aisément à partir de structures existantes. Afin de ne pas provoquer de dommages, il convient toutefois d'évaluer correctement les propriétés et la solidité des points d'ancrage.

En règle générale, ne pas réaliser d'ancrages sur des conduites (électricité, gaz, eau, etc.) ou des hydrantes.

Ancrages

Ancrage dans une bouche d'égout

Les bouches d'égout sont présentes partout dans les zones urbaines et peuvent servir de points d'ancrage.

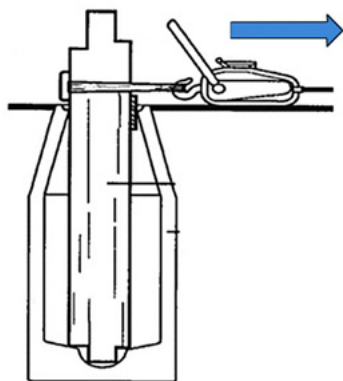


Fig.18 : Bouche d'égout avec un rondin

Règles d'utilisation

Selon sa taille, le puits est entièrement ou partiellement rempli de rondins ou de bois équerri. Les bois sont calés contre la paroi du puits.

Dans le cas de très grands puits rectangulaires, il est plus facile d'installer un élément en bois équerri suffisamment solide dans l'angle avant ou arrière du puits et de le caler contre les parois opposées. Si le bois équerri est fixé dans l'angle situé à l'arrière (par rapport à la direction de traction), il suffit souvent de le caler uniquement en haut. Ce procédé est beaucoup plus facile avec des puits profonds.

Si le puits est petit et la charge de traction élevée, il est possible que le puits et les tuyaux de raccordement subissent des dommages importants.

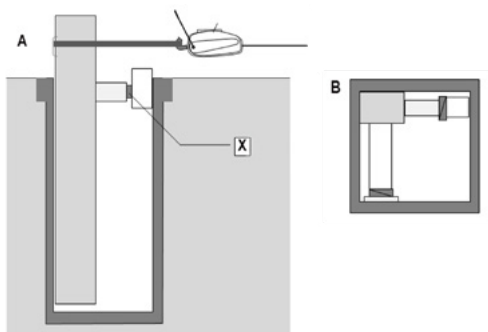


Fig.17 : Plan vertical d'un ancrage sur la paroi arrière d'un puits (A) avec consolidation à l'aide d'une cale (X) et esquisse de cette dernière (B)

Ancrage à traverse

De nombreux ancrages peuvent être installés sur et dans des bâtiments. L'ancrage à traverse, par exemple, est simple à réaliser et utilisé couramment.

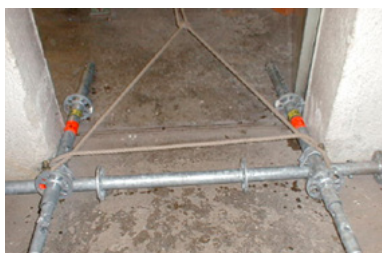


Fig.19 : Ancrage à traverse avec des barres d'échafaudage dans une ouverture de porte (THW)

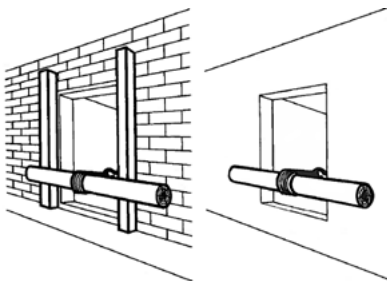


Fig.20 : Ancrage à traverse avec un rondin dans une ouverture de porte ou de fenêtre

Règles d'utilisation

Les ancrages à traverse peuvent être réalisés à partir d'ouvertures dans les parois et les sols ou de canalisations dans les égouts. Il convient d'évaluer tout d'abord l'état de la construction. Lorsque l'on est en présence de murs en béton, la charge doit être répartie de manière ponctuelle en fixant des planches ou des poutres latéralement sur une grande surface. La charge de traction devrait toujours s'exercer perpendiculairement à la traverse. Dans les ouvertures étroites, la longe est généralement fixée au milieu de la traverse. La charge est ainsi répartie sur les deux points d'appui. Cette manière de faire n'est toutefois pas appropriée pour les ouvertures plus larges où la traverse serait soumise à de lourdes charges et pourrait se déformer. Dans ce cas, il est préférable, lorsque la structure du bâtiment est stable, de fixer la longe directement à côté du point d'appui le plus solide.

Il faut toujours s'assurer que la traverse ne puisse se déplacer latéralement.

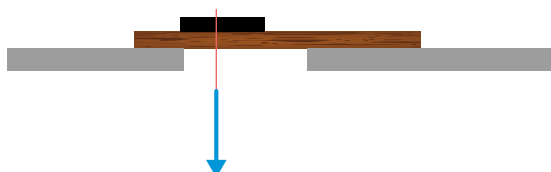


Fig.21 : Fixation de la longe dans des ouvertures larges, avec traverse et bois de renforcement (Plan d'ensemble)

Longes et éléments d'attache

Charge

Les longes et éléments d'attache doivent être adaptés aux engins de traction ou de levage utilisés et aux forces rencontrées. La force de traction ou de levage ne doit jamais être supérieure à la charge admise par le maillon le plus faible de toute la chaîne de charge.

Pour les charges admises, il convient de respecter les prescriptions du fabricant. Pour les équipements de levage normés, la charge maximale d'utilisation (CMU), « Working Load Limit » (WLL), est exprimée en tonnes ou kilogrammes. La marge de sécurité nécessaire est déjà incluse dans le calcul.

Risque de confusion : pour les équipements de protection individuelle contre les chutes, ce n'est généralement pas la charge de rupture admise qui est exprimée en N ou kN, mais la charge de rupture minimale.

Si l'on ne connaît que la charge de rupture minimale d'une longe ou d'un élément d'attache, les facteurs de sécurité suivants peuvent servir de règle empirique :

Influence des angles

Si une force est divisée en deux directions à l'endroit d'un ancrage ou d'un élingage de charge, la charge sur les deux brins augmente avec l'angle d'écartement.

L'angle d'écartement ne doit jamais dépasser 120°.

	Produits en métal	Produits en fibres synthétiques
Traction au sol	Facteur ≈ 3	Facteur ≈ 5
Levage et abaissement	Facteur ≈ 5	Facteur ≈ 7

Tab. 10 : Valeurs indicatives concernant les facteurs de sécurité des longes et éléments d'attache

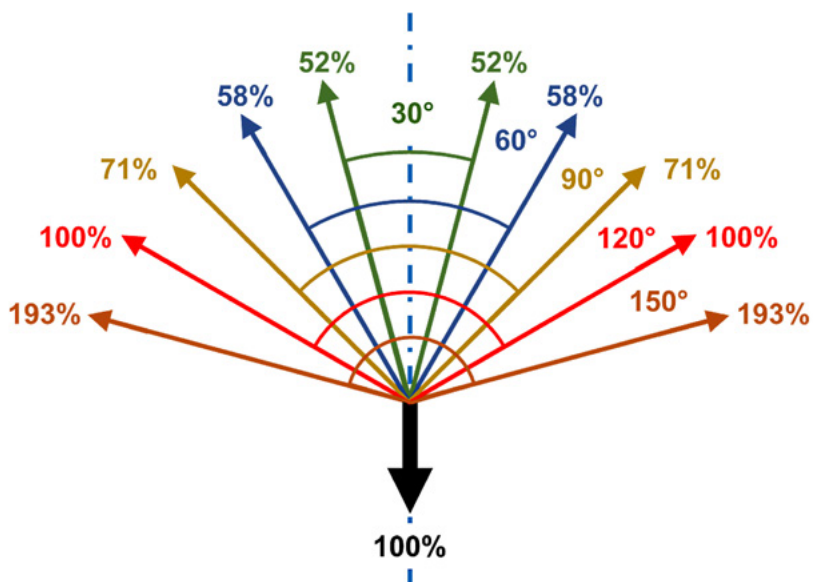


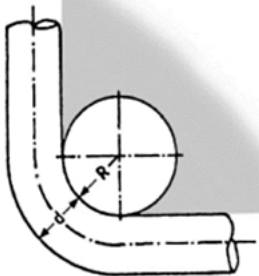
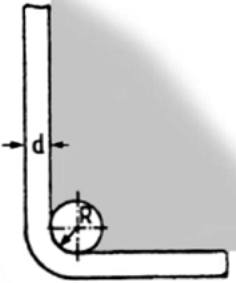
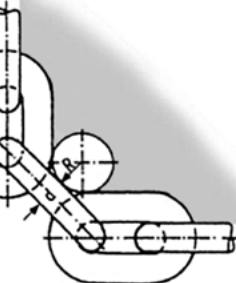
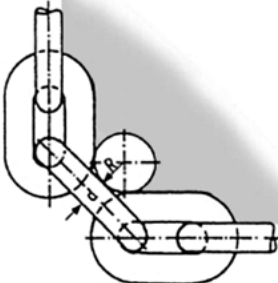
Fig. 22 : Forces résultantes (en pour cent) en fonction de l'angle d'écartement (OFPP)



Fig. 23 : Angle d'écartement maximal admis lors de l'utilisation de longes et d'éléments d'attache

Arêtes vives

Les longes et les éléments d'attache ne doivent pas passer sur des arêtes tranchantes.

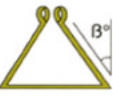
Cordes	
Rayon de l'arête $R < \text{diamètre de la corde } d$	
Élingue textile	
Rayon de l'arête $R < \text{diamètre de la corde } d$	
Sangle de levage textile	
Rayon de l'arête $R < \text{épaisseur de la sangle de levage } d$	
Chaînes	
Rayon de l'arête $R < \text{diamètre nominal du maillon de la chaîne } d$	

Tab. 11 : Arêtes vives non admises par les longes

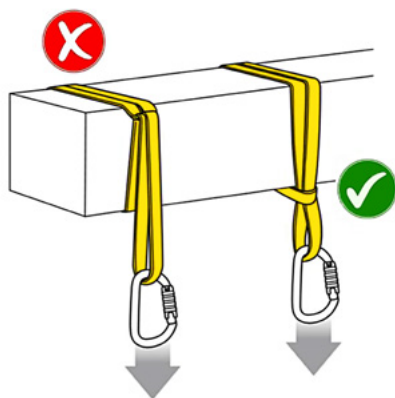
Élingues et sangles de levage

La charge admise par les élingues et les sangles de levage est exprimée par un code de couleurs et dépend du point d'ancrage.

Il faut éviter de faire des nœuds avec les élingues ou les sangles de levage : elles doivent toujours être utilisées avec des manilles ou des crochets de levage. Lors de l'utilisation d'attaches à étranglement, il est important de veiller à la position correcte de la boucle.

Couleur	Capacité de charge				
					
	Simple, direct	nœud coulant	Brassière verticale	$\beta = 0-45^\circ$	$\beta = 45-60^\circ$
	M = 1	M = 0,8	M = 2	M = 1,4	M = 1
Violet	1	0,8	2	1,4	1
Vert	2	1,6	4	2,8	2
Jaune	3	2,4	6	4,2	3
Gris	4	3,2	8	5,6	4
Rouge	5	4	10	7	5
Brun	6	4,8	12	8,4	6
Bleu	8	6,4	16	11,2	8
Orange	10	8	20	14	10
	12	9,6	24	16,8	12
	15	12	30	21	15
	20	16	40	28	20
	25	20	50	35	25
	30	24	60	42	30

Tab. 12 : Charge admise par les élingues et les sangles de levage exprimée en tonnes (les facteurs de charge M s'appliquent en principe aussi aux chaînes)



Facteur de charge

$M \approx 0.4$

$M = 0.8$

Fig.24 : Position correcte de l'étrangement (Kloska Group)

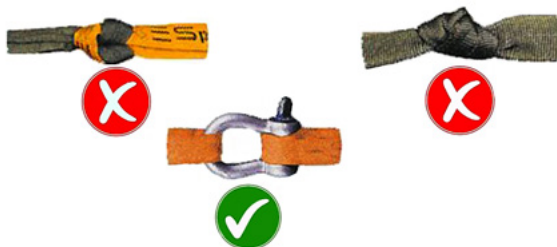


Fig.25 : Il ne faut jamais nouer les élingues ou les sangles de levage ; elles doivent être assemblées à l'aide de manilles ou de crochets de levage (Kloska Group)

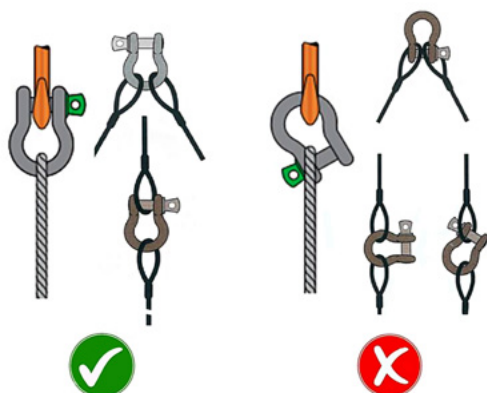


Fig. 26 : Utilisation correcte des manilles (Kloska Group)



Fig. 27 : Utilisation correcte des manilles (Kloska Group)

Manilles

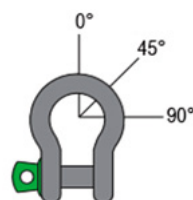
Les manilles sont des éléments d'attache utilisables dans toutes les situations. Il convient de n'employer que des manilles en forme de lyre (Ω) de conception robuste et répondant aux normes. La forme de lyre permet, sous certaines conditions, une charge dans trois directions. La charge admise diminue toutefois avec un angle d'écartement qui augmente.

Règles d'utilisation

La charge exercée sur les manilles doit respecter l'angle de traction prévu. Il convient d'éviter une charge oblique ou une charge d'écartement extrême.

Lors d'une erreur de montage, la tige filetée peut se dévisser en raison de certains mouvements. Lors d'un usage prolongé d'une manille, la tige doit être assurée par un fil de fer ou une cordelette. On peut également utiliser dans ce cas une manille avec boulon de sécurité.

Angle de charge	Réduction de la CMU avec une charge oblique
0°	100 % de la CMU initiale
45°	70 % de la CMU initiale
90°	50 % de la CMU initiale



Tab. 13 : Réduction de la charge maximale d'utilisation (CMU) en rapport avec l'angle de charge

Câbles

Les câbles ont différentes propriétés. Ils sont prévus pour un domaine d'utilisation précis qu'il convient de prendre en compte. Les prescriptions du fabricant doivent en outre être respectées impérativement.

Règles d'utilisation

Seuls les câbles adaptés à la situation peuvent être utilisés. La charge admise ne doit pas être dépassée.

Règle empirique pour le calcul de la charge de rupture des câbles :

$$\text{Charge de rupture (N)} = \text{diamètre (mm)} \times \text{diamètre (mm)} \times 50$$

Le travail avec les câbles implique le port de gants. Il convient en outre de ne pas tirer directement sur un câble enroulé autour de la bobine, mais de le dérouler au préalable. Il ne faut jamais faire de nœuds avec des câbles et éviter de les plier. Les câbles endommagés ou usés (diminution du diamètre de plus de 10 %) ne doivent plus être employés.



Fig. 28 : Déroulage correct du câble (Kloska Group)

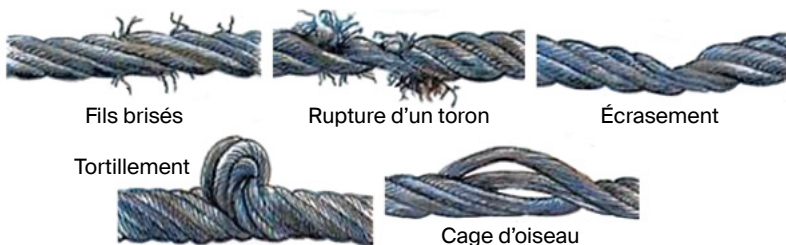


Fig. 29 : Types de détérioration des câbles (association professionnelle du secteur de la construction)



Fig.30 : Formule de calcul de l'écart entre les serre-câbles
(BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH)



Fig.31 : Disposition correcte de serre-câbles pour réaliser une liaison de deux extrémités de câbles parallèles (BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH)



Fig.32 : Liaison de deux câbles à l'aide de deux boucles
(BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH)

Des températures très basses peuvent augmenter considérablement les forces exercées sur des câbles précontraints (p. ex. téléphérique ou ponts suspendus) en raison du comportement de dilatation du matériel.

Serre-câbles à étrier selon la norme EN 13411-5 :

- Pour réaliser de manière provisoire la boucle d'extrémité d'un câble ou la liaison de deux câbles.
- Adaptés uniquement pour des utilisations uniques et de courte durée qui ne constituent pas un danger pour des personnes ou des biens matériels de valeur.
- Il convient de ne prendre en considération plus que 50 % de la charge admise par le câble.

- Choisir les serre-câbles en fonction du diamètre du câble.
- Pour réaliser la boucle d'extrémité d'un câble d'un diamètre de 8 à 19 mm, utiliser au moins 4 serre-câbles, pour relier deux câbles, utiliser au moins 8 serre-câbles.
- L'étrier doit impérativement venir boucler le côté du brin mort
- Respecter les couples de serrage prescrits et vérifier après la première application de charge
- L'écart e entre les serre-câbles doit correspondre à une distance allant de 1,5 à 3 fois la largeur t du serre-câble.

Les serre-câbles à étrier ne doivent pas être utilisés pour des câbles spiralés ou des câbles à revêtement plastifié.

Cordes

Généralités : De nos jours, les cordes sont produites pour des usages spécifiques. Elles se distinguent par les matières utilisées pour leur fabrication, leur type de production et leurs propriétés.

Les cordes de pointe modernes (p. ex. Dyneema ou Kevlar) sont très résistantes. Elles ont néanmoins aussi des inconvénients

(p. ex. points de fusion bas, grande perte de la résistance par les nœuds, sensibilité aux plis et aux rayons UV).

La solidité d'une corde diminue en fonction de l'âge, de la salissure de l'intérieur de la corde, des nœuds et de son état (humidité, gel). Si un nettoyage de la corde peut améliorer son utilisation et son aspect, il ne suffit pas à éliminer les particules de salissure à l'intérieur de la corde qui réduisent sa résistance.

Avantages et inconvénients des différents matériaux utilisés pour la fabrication des cordes

Matière	Polyéthylène haut module	Polyamide haut module	Polyester	Polyamide	Polypropylène
Appellation commerciale	Dyneema	Twaron Kevlar	Diolen Trevira	Nylon Perlon	PP
Résistance (g/den)	38	22–28	9	8–9	5–8
Allongement à la rupture	3,8 %	3,4 %	10–17 %	18–24 %	13–17 %
Poids spécifique en g/cm	0,97	1,4	1,4	1,14	0,91
Point de fusion en °C	140	Carbonisation autour de 500	225	215–260	165–175
Résistance en cas d'augmentation de la température momentanée exprimée en °C	70	350	170	130	80
Résistance aux rayons UV	Très bonne	Limitée	Très bonne	Bonne	Satisfaisante
Résistance des nœuds	Env. 50 %	Env. 30 %	Env. 50 %	Env. 50 %	Env. 50 %

Tab. 14 : Avantages ou inconvénients des différentes matières (Albert Wenk, Mammut AG).

Règles d'utilisation

Seules les cordes admises pour l'intervention prévue peuvent être utilisées. Celles-ci doivent être en fibres synthétiques, l'usage de cordes en fibres naturelles (p. ex. chanvre) n'étant pas autorisé. Il convient en outre de respecter scrupuleusement les prescriptions du fabricant.

Les cordes destinées à l'assurage et au sauvetage des personnes ne doivent pas être utilisées pour des objets, l'inverse étant vrai aussi.

Règle de base pour le calcul de la charge de rupture de cordes :

Charge de rupture (N) =
diamètre (mm) × diamètre (mm) ×
20

- Vérifier l'état des cordes avant chaque utilisation.
- Les cordes endommagées ne doivent plus être utilisées.
- Veiller aux bords tranchants (particulièrement avec des cordes tendues).
- Éviter toute source de chaleur et le contact avec des substances chimiques.
- Mettre immédiatement de côté les cordes endommagées.
- Danger de brûlure : ne jamais fixer une corde soumise à charge sur une autre corde.
- Utiliser uniquement des nœuds et des éléments d'attache appropriés.

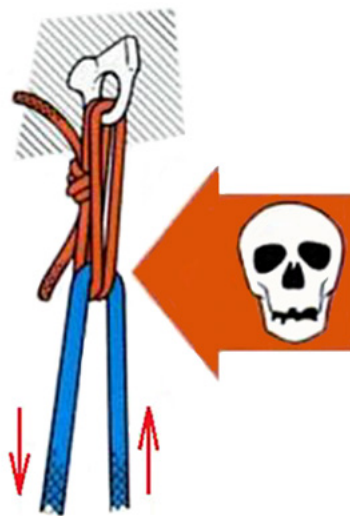


Fig.33 : Danger de brûlure avec des cordes

Nœuds et liens pour les constructions auxiliaires et le matériel

- Les nœuds réduisent la solidité d'une corde d'env. 50 % (valeur indicative).
- La longueur minimale des extrémités de corde doit être égale au diamètre de la corde fois 10.
- À l'exception du nœud de batelier, les nœuds ci-dessous ne sont pas appropriés pour le sauvetage ou l'assurage de personnes.

Nœud droit (nœud plat)



Utilisation

- Assembler des cordes
- Arrimer des engins (p. ex. échelles)

Remarques

- Les cordes doivent avoir le même diamètre
- Les deux extrémités doivent être situées du même côté
- Le nœud est difficile à défaire après avoir été mis en charge

Nœud de tisserand



Utilisation

- Assembler des cordes
- Pour terminer le nœud de charretier

Remarques

- La corde bleue peut être un peu plus fine que la corde jaune
- Les deux extrémités doivent être situées du même côté
- Le nœud est facile à défaire après avoir été mis en charge

Nœud de charretier (nœud de tendeur)



Utilisation

- Tendre des cordes
- Arrimer des chargements

Remarques

- Nœud de tisserand pour terminer

Nœud de maçon



Utilisation

- Fixer des cordes aux mâts et aux poutres

Remarques

- Les croisements ne devraient pas être réalisés uniquement sur le devant, il est important de croiser les cordes à l'arrière aussi.
- Le nœud est facile à défaire après avoir été mis en charge

Nœud de batelier



Utilisation

- Fixer des cordes aux mâts, aux poutres et aux mousquetons

Remarques

- Le nœud peut encore être adapté avant d'être mis en charge
- Le nœud de batelier réalisé à l'extrémité de la corde doit être sécurisé par un nœud de pêcheur double
- Le nœud est facile à défaire après avoir été mis en charge

Nœud de chaise double



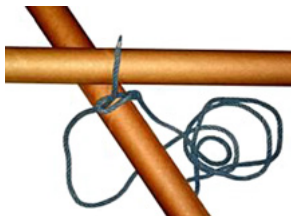
Utilisation

- Pour réaliser une boucle à l'extrémité de la corde

Remarques

- Toujours utiliser les deux boucles – ne jamais mettre en charge séparément ou individuellement
- Très facile à défaire même après avoir supporté une lourde charge

Brélage parallèle



Utilisation

- Assembler deux perches en bois qui ne se croisent pas à angle droit

Remarques

- Nombre de tours selon la charge
- Fermeture : passer le bout de la corde au moins deux fois dans le nœud et serrer.

Brélage de maçon



Utilisation

- Assembler deux perches en bois qui se croisent à angle droit

Remarques

- Direction et nombre de tours selon la charge et la direction de la charge
- Fermeture : passer le bout de la corde au moins deux fois dans le nœud et serrer

Sangles d'arrimage

Les sangles d'arrimage sont utilisées pour sécuriser les charge-ments ou les charges. Elles sont disponibles sous forme de sangles de cerclage en une partie ou de sangles d'arrimage en deux parties et peuvent également être utilisées comme moyen de fixation universel, par exemple pour la fixation de constructions auxiliaires.

Pour les petites charges, il existe des sangles avec une boucle de serrage rapide et pour des charges plus importantes, des sangles avec tendeur à cliquet. Les tendeurs avec système autobloquant – procédé ABS (Anti-Belt-Slip) – offrent une grande sécurité. Ils permettent de libérer la charge non pas subitement mais progressivement à l'aide du cliquet.

Règles d'utilisation

- Respecter les prescriptions du fabricant
- Ne pas tendre les sangles sur des arêtes vives, éviter tout contact avec des substances chimiques ou des sources de chaleur
- Ne pas nouer ou vriller les sangles
- Serrer le tendeur à la main, ne pas rallonger le levier du tendeur
- Ne pas positionner le tendeur sur un angle (p. ex. une arête)
- Le nombre de tours de la sangle sur l'axe ne peut être inférieur à 1,5 et supérieur 3 (avec moins de tours la sangle peut se défaire, avec plus de 3 tours, il est pratiquement impossible de défaire la sangle).

Les sangles d'arrimage ne doivent pas être utilisées pour déplacer ou soulever des charges.



Fig. 34 : Sangle en une et deux parties

Déplacer des charges avec des tire-câbles

Tire-câbles portables

Ce sont avant tout des tire-câbles portables qui sont utilisés lors des interventions de la protection civile. Ils peuvent être manuels ou motorisés.

Les tire-câbles manuels conviennent pour de courtes distances de traction et pour arrimer des objets. Ils ne génèrent pas de bruit et les personnes qui les utilisent perçoivent immédiatement une modification de la charge de traction. Les situations dangereuses (p. ex. surcharge, charge coincée) sont également perçues plus facilement et plus rapidement lors de l'emploi de tire-câbles manuels et peuvent souvent être désamorcées à temps. Ce type d'engin est par conséquent particulièrement adapté aux travaux délicats.

Avec les tire-câbles motorisés, il est possible de déplacer des charges sur de plus longues distances (jusqu'à 60 m env.). Le bruit du moteur rend toutefois la communication très difficile.

- Les tire-câbles doivent toujours pouvoir s'aligner librement dans le sens de la traction et ne doivent pas être soumis à des charges transversales (risque de rupture).
- Les tire-câbles homologués exclusivement pour tirer des charges ne doivent pas être utilisés pour les soulever ou les abaisser.
- Si les tire-câbles motorisés sont utilisés sur de longues distances de traction en terrain peu dégagé (p. ex. en forêt), il est vivement recommandé de mettre en place une liaison radio avec des équipements pour la communication en environnement bruyant.

Pour les travaux de traction et de levage de charges, il n'est pas utile d'épuiser la force de traction maximale. L'utilisation des tire-câbles manuels en particulier exige beaucoup de force. Il est préférable de prendre un appareil plus puissant ou un palan.

Avantages et inconvénients des tire-câbles portables

Les capacités de traction se situent entre 600 kg (tire-câble léger) et 3200 kg (tire-câble puissant) (voir Tab. 15 et 16).

Tire-câble	Avantages	Inconvénients
Avec câble 	– Utilisation simple, très robuste – Pour la traction, le levage, la descente – En théorie, longueur du câble illimitée – Peut être porté sur des grandes distances – Quelques modèles peuvent également être utilisés pour le transport de personnes	– Nécessite beaucoup de force – Ne peut être utilisé que pour de courtes distances de traction

Tab. 15 : Avantages et inconvénients de tire-câbles manuels

Tire-câbles motorisés	Avantages	Inconvénients
Système d'essieu moteur avec câble métallique 	– Utilisation simple, robuste – Capacité de traction élevée – Pour la traction, le levage, la descente – Force de traction constante – En théorie, longueur de câble illimitée	– Ne peut être porté que sur de courtes distances – Pour pouvoir déployer le câble, celui-ci doit être retiré du tire-câble
Système de tambour avec câble métallique ou corde 	– Utilisation simple, robuste – Le moteur de tronçonneuse à chaîne peut être utilisé s'il est adapté au treuil à tambour	– Pour la traction uniquement – Lourd – Avec l'augmentation de la longueur du câble, diminution de la capacité de traction – Le câble peut être coincé ou écrasé
Système de cabestan avec câble métallique 	– Robuste – Capacité de traction élevée – Force de traction constante – En théorie, longueur du câble illimitée – La personne qui utilise l'engin se trouve à l'extérieur de la zone directe de danger – Le moteur de tronçonneuse à chaîne peut être utilisé	– Pour la traction uniquement – La mise en marche est compliquée
Système de cabestan avec corde 	– Capacité de traction élevée – Équipement très léger – Force de traction constante – En théorie, longueur de corde illimitée – La personne qui utilise l'engin se trouve à l'extérieur de la zone directe de danger	– Généralement pour la traction uniquement – Pour pouvoir déployer la corde, celle-ci doit être retirée du tire-câble. – Moins robuste – Corde délicate

Tab. 16 : Avantages et inconvénients de tire-câbles motorisés

Systèmes de palans

Palans simples pour tire-câbles

Les palans permettent de démultiplier la force de traction des tire-câbles.

La charge admise par les ancrages, les longes, les éléments d'attache et les poulies de renvoi doit être adaptée aux forces de traction spécifiques du tire-câble.

Les palans avec un rapport de 1:2 ou 1:3 se sont révélés efficaces dans la pratique. Leur installation est rapide et nécessite peu de matériel supplémentaire.

Poulies de renvoi

Le diamètre de la poulie ainsi que le profil de la rainure doivent être adaptés au câble de traction.

Règle générale : lors de l'utilisation de câbles métalliques, le diamètre de la poulie doit être au moins 10 fois plus élevé que celui du câble.

Les renvois entraînent une diminution de la force de traction en raison de la flexion du câble et du frottement dans la poulie. Un palan avec un rapport supérieur à 1:4, en particulier avec des câbles métalliques, n'apporte souvent pas de réel avantage, à moins d'utiliser des poulies hautement performantes. Les poulies avec des roulements simples en plastique (p. ex. poulie PCI 6t orange) ne doivent pas être utilisés avec des câbles rapides.

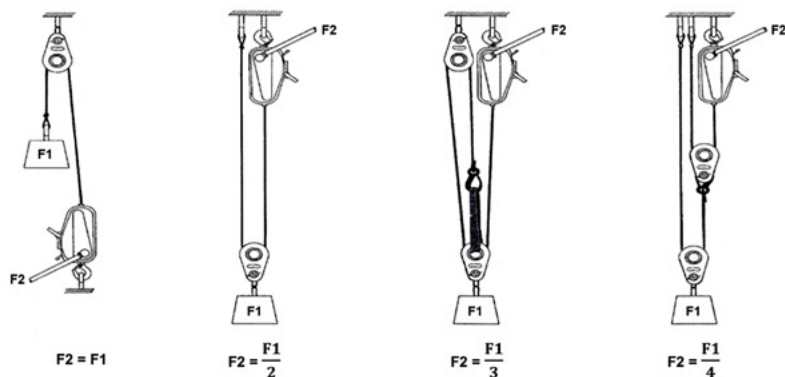


Fig. 35 : Palans simples pour tire-câbles portables (F_1 = force de pesanteur ; F_2 = force de traction)

Tirer des charges (traction au sol)

Frottements statique et dynamique

Pour déplacer une charge, le frottement statique doit être annulé par la force de traction. Celle-ci dépend de plusieurs facteurs :

- Propriétés de glissement entre les deux matières en contact (rugosité des surfaces)
- Charge et sol mouillés ou secs

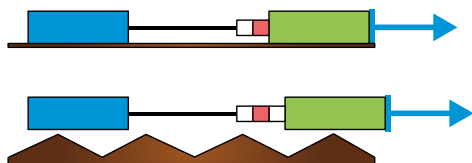


Fig. 36 : Force de traction requise en fonction de la rugosité des surfaces

En présence de surfaces plates, le calcul du frottement statique est assez simple :

$$FH = FG \times \mu H$$

FH = frottement statique

FG = force de pesanteur
(poids de la charge)

μH = coefficient de frottement statique entre les deux surfaces (tableau) (cf. Manuel Pionnier Bases)

Exemple 1 :
bloc de béton tiré sur du gravier

Force de pesanteur du bloc
= 5 kN (500 kg)

Coefficient de frottement statique
béton – gravier = 0,6

$$\text{Frottement statique} = 5 \text{ kN} \times 0,6 = 3 \text{ kN (300 kg)}$$

Exemple 2 :
élément en acier sur une surface en acier

Force de pesanteur de l'élément en
acier = 5 kN (500 kg)

Coefficient de frottement statique
acier – acier = 0,15

$$\text{Frottement statique} = 5 \text{ kN} \times 0,15 = 0,75 \text{ kN (75 kg)}$$

Matière	Coefficient de frottement statique
Bois – bois	0,5 – 0,65
Bois – béton	0,3 – 0,6
Bois – acier	0,5
Béton – béton	0,65
Béton – acier	0,3
Béton – gravier	0,6
Béton – argile	0,3
Béton – caoutchouc	0,5 – 0,65
Acier – acier	0,15

Tab. 17 : Coefficient de frottement statique entre différentes matières (ces coefficients sont plus faibles lorsque les surfaces sont mouillées)

Dès que le frottement statique est annulé et que la charge commence à se déplacer, c'est le frottement dynamique qui devient actif. Comme il est plus faible que le frottement statique, la force de traction requise diminue légèrement.

Lorsqu'une charge est tirée vers le bas sur une pente à déclivité critique, elle risque de glisser d'elle-même une fois que le frottement statique a été annulé.

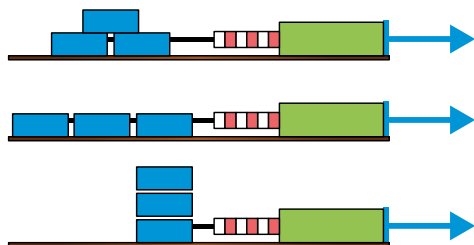


Fig. 37 : Les frottements statique et dynamique ne dépendent pas des dimensions de la surface de contact (OFPP)

Les frottements statique et dynamique dépendent du poids et du coefficient de frottement, mais pas de la surface de contact.

Lorsque la charge heurte un bord ou un objet, ce ne sont plus le frottement statique ou dynamique qui agissent. La charge est immobilisée par complémentarité des formes.

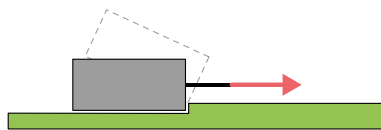


Fig. 38 : Une charge heurtant une arête est immobilisée par complémentarité des formes

Frottement par roulement

Lorsque les charges tirées sont posées sur des rouleaux (rouleaux de renvoi, rondins, tuyaux, etc.), c'est la force de résistance au roulement qui agit. Cette dernière est beaucoup moins importante que les forces de résistance au frottement statique ou dynamique. Lorsque l'on opte pour cette méthode pour déplacer des charges, il convient de choisir des matières dures, que ce soit pour les rouleaux ou pour le support : par exemple des rouleaux en acier sur de l'acier ou sur du béton. Du sable solide ou du gravier entre les couches peut remplir la fonction de rouleaux. La prudence s'impose lorsque l'on déplace une charge sur des rouleaux, car elle peut se mettre à bouger de manière inattendue sur un terrain incliné.

Règles d'utilisation

- Si possible, tirer la charge sur des rouleaux ou des barres de coulissement durs.
- Toujours sécuriser la charge contre tout mouvement involontaire, surtout sur des surfaces inclinées.
- Ne pas tirer la charge vers le bas, mais horizontalement ou alors légèrement vers le haut.

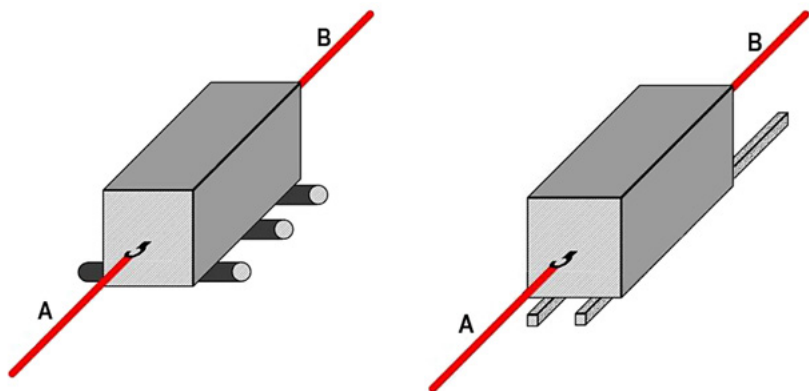


Fig. 39 : Déplacer des charges sur des rouleaux de coulissement (à droite) ou sur des barres (à gauche). La charge est tirée à l'aide du câble de traction (A) et retenue si nécessaire à l'aide du câble d'assurance (B).

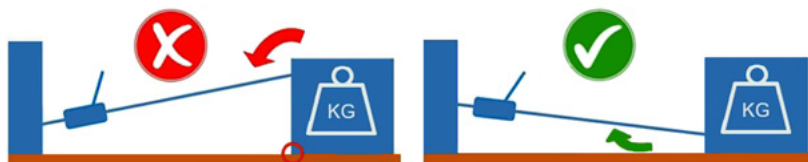


Fig. 40 : Tirer une charge correctement

Lever et déplacer des charges à l'aide d'un bipied ou d'un trépied

Pour soulever des charges, le point d'ancrage doit être suffisamment élevé. Dans l'idéal, il existe déjà une structure solide (plafond en béton, poutres, poutrelles métalliques, etc.) à l'endroit souhaité. Mais dans la plupart des cas, le point d'attache doit être installé à l'aide d'équipements techniques ou de constructions de fortune.

Les bipieds ou trépieds mobiles conviennent très bien pour soulever ou assurer des charges. Ils sont relativement légers, peuvent être transportés facilement à pied et installés dans des terrains difficiles.

Les constructions peuvent être érigées de manière indépendante et ne nécessitent pas d'infrastructure existante.

Les bipieds et trépieds commerciaux représentent bien sûr la solution la plus efficace et la plus sûre. Ils sont prêts à l'emploi et la sécurité de charge est garantie par le fabricant. En cas d'urgence, il est toutefois possible de construire des bipieds ou trépieds improvisés à l'aide du matériel disponible sur place (bois ronds ou équarris, barres d'échafaudage, etc.) et de matériel supplémentaire.

Dimensions des pieds (bois rond ou équarri)

Diamètre ou longueur de l'arête	Charge admise par les bois ronds ou équarris (en kg) en fonction de leur longueur						
	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m
8 cm	1200	800	550	440	300	250	200
10 cm	2700	1900	1300	1000	800	600	500
12 cm	4600	3700	2800	2100	1600	1200	1000
14 cm	7000	6000	4900	3800	2900	2300	1900
16 cm	9700	8600	7400	6200	5000	3900	3200
18 cm	13 000	11 700	10 400	9000	7000	6300	5100
20 cm	16 800	15 200	13 800	12 200	10 800	9 300	7 800

Tab. 18 : Charge admise par les pieds en bois rond ou équarri (pour le bois équarri qui n'est pas carré, prendre en considération l'arête la plus courte).

Trépied improvisé

Possibilités d'utilisation

Les trépieds sont adaptés pour :

- Soulever et abaisser des charges
- Servir de portique dans un système de tire-câble
- Servir de portique lorsque des câbles, tuyaux souples, etc. doivent passer au-dessus d'une route, par exemple

Construction d'un trépied : principes

Règle de base pour la géométrie :

- Le rapport entre la base b et la longueur des pieds devrait être de 4:5 env. Cela correspond à un angle d'inclinaison de 45° env. (47° exactement). Cette géométrie représente un bon compromis entre la sécurité contre le basculement et la sécurité structurale.

- Les constructions plus étroites offrent une plus grande sécurité structurale mais basculent plus facilement. Les constructions plus larges sont stables, mais aussi moins solides.

Ne jamais utiliser des trépieds avec un angle d'inclinaison $< 30^\circ$ ou $> 60^\circ$.

Le trépied devrait être symétrique avec une base formant un triangle équilatéral (3 angles de 60°). Le sommet de la construction doit être à la verticale du centre du triangle de base.

Risque de basculement : la force résultante doit toujours se situer à l'intérieur du triangle de base. Si ce n'est pas le cas, le trépied doit faire l'objet d'un ancrage supplémentaire.

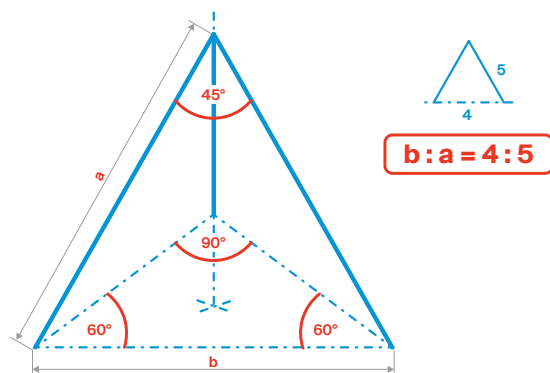


Fig. 41 : Croquis du principe d'un trépied

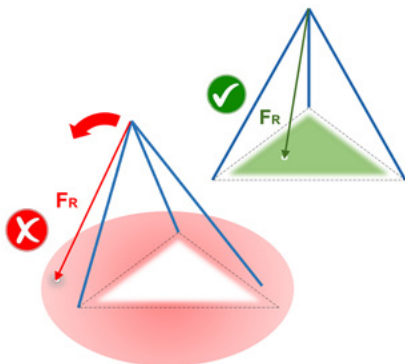


Fig.42 : Risque de basculement lorsque la force résultante F_R s'exerce à l'extérieur de la surface de base du trépied

Fixer les pieds

Pour éviter qu'ils ne glissent, les pieds doivent être assurés. Pour cela, il existe différentes possibi-

tés : on peut les relier entre eux avec des cordes ou avec des lattes, les enfour dans des cavités du sol ou les visser.

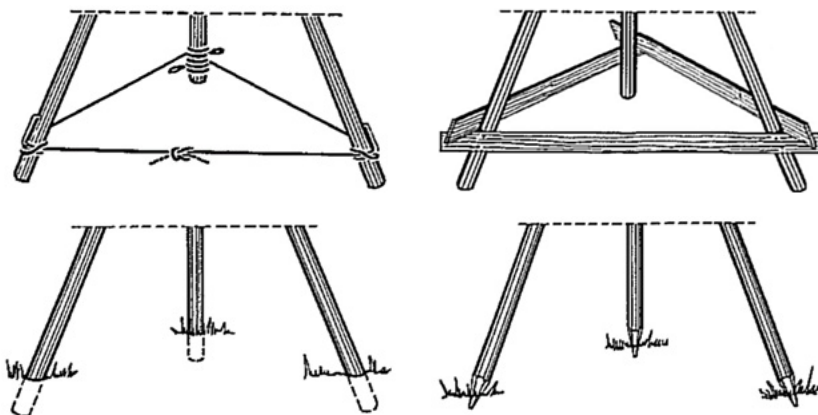


Fig.43 : Méthodes pour fixer les pieds afin d'éviter qu'ils ne se déplacent (THW)

Déplacer des charges avec des tire-câbles

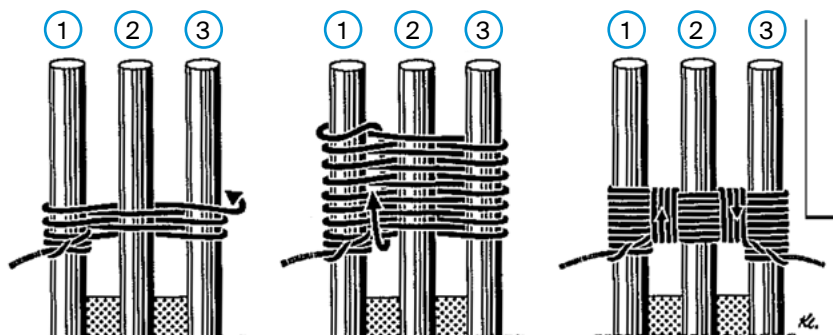


Fig. 44 : Trépied (THW)

Trépied improvisé avec des rondins et un brêlage

Poser les rondins parallèlement les uns à côté des autres à une distance correspondant à env. $\frac{2}{3}$ de leur diamètre (utiliser une entretoise).

Fixer le début de la corde à l'aide d'un nœud de cabestan ou d'un simple laçage si la corde est munie d'une boucle à son extrémité. Une fois le brêlage réalisé, la partie dégagée des rondins doit mesurer env. 50 cm.

En fonction de la charge, faire passer la corde env. 5 à 10 fois autour des rondins en formant un huit. Pour augmenter l'effet du brêlage, renverser le rondin central (2) sur le côté opposé et le remettre en place à côté des rondins (1) et (3) après avoir effectué deux ou trois tours avec la corde.

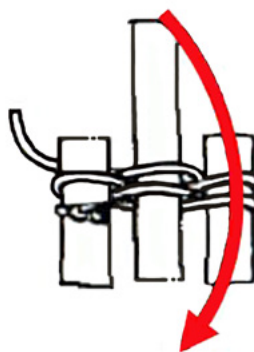


Fig. 45 : Remettre le rondin central en place après deux ou trois tours de corde en forme de huit

Faire ensuite trois tours de frappe entre les perches (3) et (2) puis (2) et (1). Le brêlage est à présent serré.

Assurer l'extrémité de la corde avec un nœud de cabestan ou en la nouant avec le début de la corde.

Pour serrer le brêlage encore davantage, soulever le rondin central (2) et croiser les rondins (1) et (3).

Installer le dispositif de levage et redresser le trépied.

Le brêlage ne doit pas être trop tendu, sinon il risque de céder sous la charge.

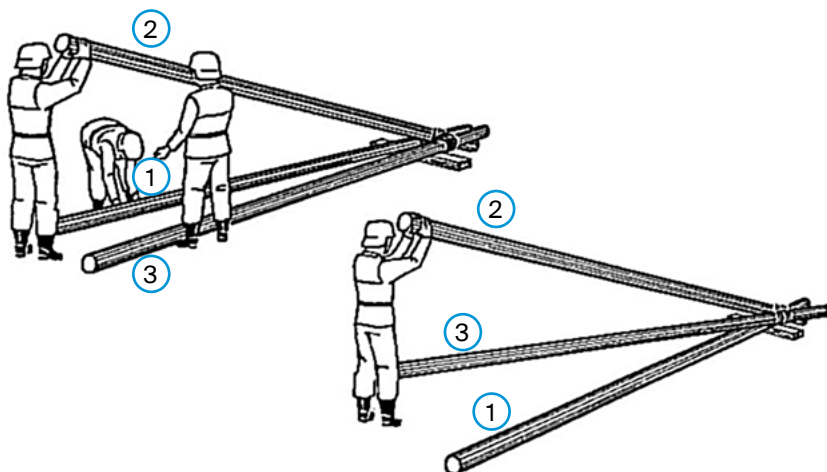


Fig.46 : Serrer le brêlage

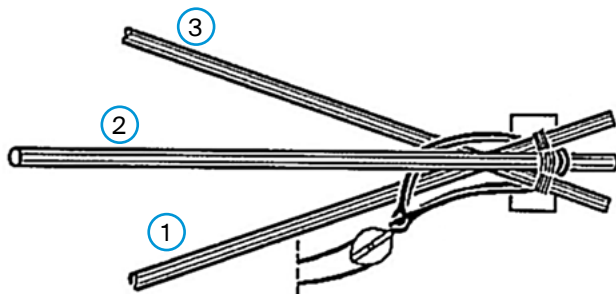


Fig. 47 : Installer le dispositif de levage

Fixer l'élingue de sorte que le point d'attache soit situé aussi haut que possible (hauteur maximale utilisable) et que le brélage ne soit pas soumis à une charge supplémentaire mais plutôt renforcé.

Trépied improvisé avec des barres d'échafaudage

Il est possible de réaliser rapidement des trépieds improvisés à l'aide de barres d'échafaudage et de raccords du secteur de la construction. Les raccords des barres d'échafaudage doivent être fixés de manière à ce que le trépied soit symétrique, et serrés en respectant le couple prescrit.



Fig. 48 : Possibilités d'attacher une élingue à un trépied

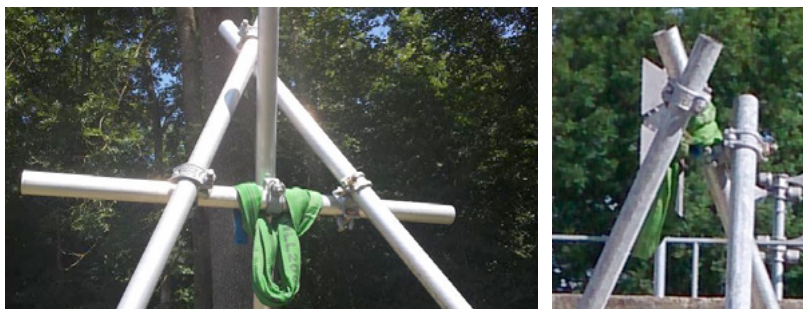


Fig. 49 : Trépieds improvisés fabriqués avec des barres d'échafaudage

Bipied improvisé

Possibilités d'utilisation

Les bipieds sont réalisés rapidement et sont appropriés pour les usages suivants :

Appuyés contre une structure (p. ex. mur de maison), pour soulever des charges déposées sur le sol (et à proximité de la structure)

- Assurer des potences
- Constituer la base d'une grue bipied

Principes de construction d'un bipied

Règle de base pour la géométrie :

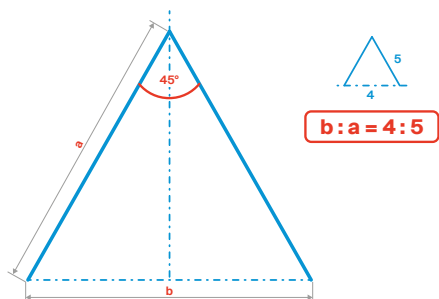


Fig. 50 : Esquisse du principe d'un bipied.

Comme pour le trépied, le rapport entre la base b et la longueur du pied a doit être de 4:5 et l'angle d'écartement par conséquent de 45° environ.

Ne pas utiliser de bipied présentant un angle d'écartement de $< 30^\circ$ ou $> 60^\circ$.

Pour fixer les jambes, procéder de la même manière qu'avec un trépied.

Bipied improvisé réalisé à l'aide de rondins et d'un brélage parallèle

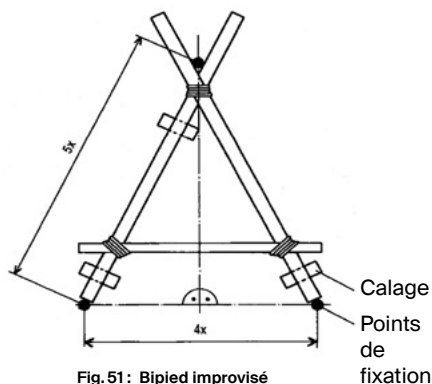


Fig. 51 : Bipied improvisé

Assembler les rondins avec un brélage parallèle (en fonction de la charge, entre 5 et 10 tours environ).

Fixer l'élingue de sorte que le point d'attache soit situé aussi haut que possible (hauteur maximale utilisable) et que le brélage ne soit pas soumis à une charge supplémentaire mais plutôt renforcé.

Bipied improvisé réalisé à l'aide de barres d'échafaudage



Fig. 52 : Exemples de bipieds réalisés avec des barres d'échafaudage

Soulever et déplacer des charges à l'aide d'une grue bipied improvisée

Description

Une grue bipied permet de soulever des charges à l'aide d'un palan, de les déplacer horizontalement en pivotant le bipied au moyen d'un hauban et d'un câble d'assurage et, finalement, de les redescendre de l'autre côté.

Cela représente une méthode de transport sur de courtes distances simple et efficace dans de nombreuses situations. La complexité d'un tel système ne doit toutefois pas être sous-estimée. Par rapport à un trépied, l'installation et l'utilisation d'un bipied requièrent davantage de connaissances techniques et renferment plus de risques.

Géométrie de la grue bipied

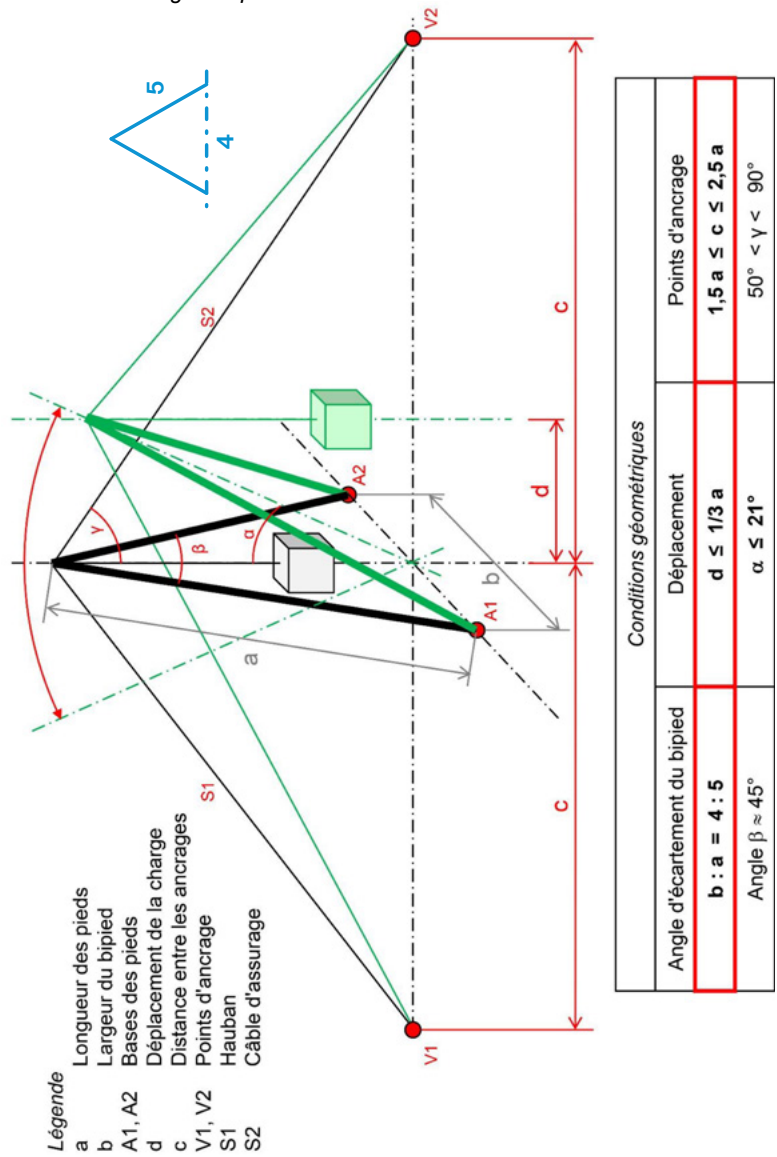


Fig. 53 : Conditions géométriques d'une grue bipied



Déplacer des charges avec des tire-câbles

Construction et utilisation

La géométrie à la page 59 est à considérer comme règle de base valable pour des systèmes improvisés. Lorsque les indications du fabricant font défaut, elle peut s'appliquer également à des systèmes en vente sur le marché.

Le rayon de pivotement souhaité (d) permet de calculer la longueur minimale prescrite (a) des pieds.

Exemple de calcul :

Si la distance entre le bipied et le point d'ancrage du hauban ou du câble d'assurance est inférieure à la valeur mentionnée ci-dessus ou si le rayon de pivotement du bipied est trop élevé, la construction est soumise à des forces trop importantes et risque de céder.

Le hauban et le câble d'assurance doivent si possible former un angle droit avec la base (b) du bipied. Si le choix des points d'ancrage est limité, un léger écart (max. $\sim 10^\circ$) par rapport à l'angle droit peut exceptionnellement être toléré. Les deux doivent cependant toujours se situer sur une même ligne et ne jamais dévier du même côté pour éviter que le bipied ne bascule.

Les pieds doivent être fixés afin d'éviter qu'ils ne se déplacent. Il ne suffit pas pour cela de relier les pieds entre eux à l'aide de lattes pivotantes ou de cordes, etc. : la base des pieds doit être fixée de telle sorte qu'ils puissent bouger librement à l'intérieur du rayon de pivotement.

Rayon de pivotement d	Longueur des pieds a	Distance des ancrages c
2 x 1,6 m (rayon total 3,2 m)	5 m	7,5 m – 12,5 m

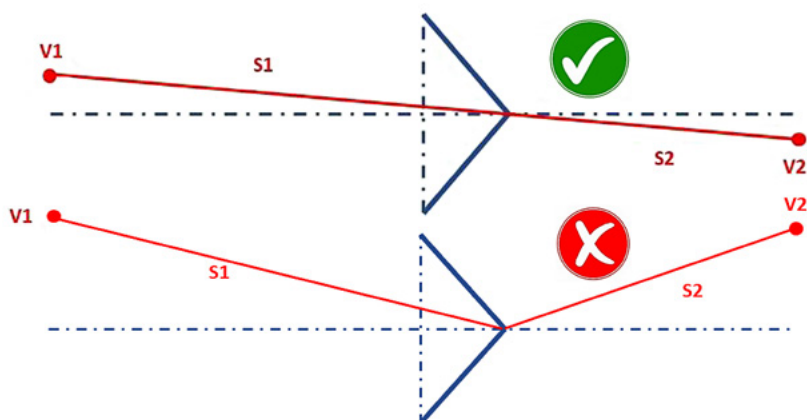


Fig. 54 : Écarts du hauban et ou du câble d'assurage par rapport à l'angle droit (schéma)

Pour le hauban et le câble d'assurage, il convient d'utiliser des palans montés avec des câbles statiques (de préférence des tire-câbles manuels avec des câbles d'acier). La charge de traction admise doit correspondre au minimum à la charge à soulever.

Seuls les câbles statiques peuvent être utilisés comme haubans et câbles d'assurage.

- Le bipied peut être redressé à l'aide du hauban et du câble d'assurage (fixer la base des pieds).
- Afin de pouvoir contrôler le pivotement de la charge, il est recommandé d'y fixer des câbles de guidage supplémentaires.
- Une personne commande le fonctionnement de la grue bipied depuis un endroit approprié et sûr.
- Les palans et les câbles de guidage sont actionnés par une personne chacun.
- N'effectuer qu'un seul mouvement simultanément : soit soulever ou abaisser la charge, soit faire pivoter le bipied.
- Ne soulever la charge qu'à la hauteur nécessaire.
- Garder toujours le câble d'assurage tendu.
- Lors du pivotement sur le point central (point mort) du bipied, le hauban se transforme en câble de sécurité et inversement.

Déplacer des charges avec des tire-câbles

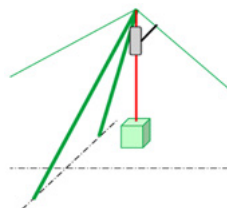
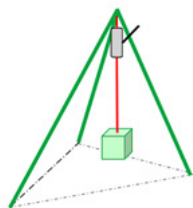
Fixer le palan au trépied ou bipied improvisé

Le palan servant à soulever ou abaisser la charge peut être monté à différents endroits. Différentes forces agissent sur la construction selon le type de fixation.

Le palan doit toujours être fixé au pied le plus solide.

Le palan (dévié par une poulie) peut aussi être fixé à un point d'attache situé à l'extérieur du bipied ou trépied. L'utilisateur se trouve à l'extérieur de la zone de danger. Toutefois, des forces supplémentaires difficiles à évaluer peuvent s'exercer sur la construction. Cette méthode est donc peu recommandée.

Palan fixé directement à la tête du bipied / trépied ou à la charge



Avantages

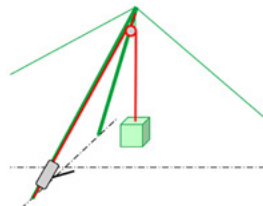
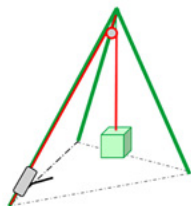
- Très simple
- Répartition uniforme des forces
- La capacité de charge peut être utilisée de manière optimale

Inconvénients

- L'utilisateur se trouve dans la zone de danger direct

Peu recommandé. Convient si la charge ne doit être soulevée que de quelques centimètres et que la capacité de charge requise est garantie.

Palan indirect fixé au pied d'un support



Avantages

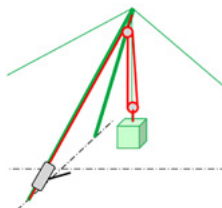
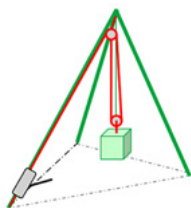
- Simple
- L'utilisateur se trouve en dehors de la zone de danger direct
- Maniement ergonomique du palan

Inconvénients

- Force accrue sur le pied sur lequel est fixé le palan ($\approx 1,5$ fois la charge)
- La capacité de charge de la construction ne peut être utilisée entièrement

Recommandé. Solution simple et sûre. Prendre en compte la limite de charge réduite de la construction.

Palan indirect fixé au pied d'un support et palan Q/2



Avantages

- L'utilisateur se trouve en dehors de la zone de danger direct
- Maniement ergonomique du palan
- La charge peut aussi être soulevée avec une légère traction sur la corde

Inconvénients

- Nécessite davantage de matériel
- Force accrue sur le pied sur lequel est fixé le palan (≈ 1 fois la charge)
- La capacité de charge de la construction ne peut être utilisée entièrement

Recommandé. Solution sûre. Avec le palan, la capacité de charge de la construction est moins réduite que sans celui-ci.

Déplacer des charges avec des tire-câbles**Soulever des charges à l'aide de potences improvisées****Possibilités d'utilisation**

Les potences fixées à l'intérieur des bâtiments permettent de soulever ou d'assurer des charges situées près des façades.

Potences en bois

- Utiliser si possible du bois équarri et le monter sur la tranche.
- Lorsque la potence est inclinée, la partie servant à l'ancrage doit être deux fois plus longue que la partie soutenant la charge.
- Les parties soutenant les charges qui dépassent le point d'appui de plus de 2 m doivent être étayées par un bipied. Celui-ci sera fixé à la potence à l'aide d'un brélage parallèle.

Dimensionnement des potences

Distance entre le point d'appui et la suspension de la charge	Charge de flexion admise (en kg) avec une longueur du côté étroit de :				
	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm
50 cm	600	980	1450	2050	2850
100 cm	300	480	720	1050	1450
150 cm	210	330	480	690	930
200 cm	150	240	360	510	720

Tab. 19 : Capacité de charge de potences en bois de sapin
(en cas d'utilisation de rondins, la charge admise est réduite de 50 % env.).

Exemples de construction

- 1 Potence
- 2 Clameaux de chantier
- 3 Boucle sans fin
- 4 Traversée de plafond
- 5 Traverse

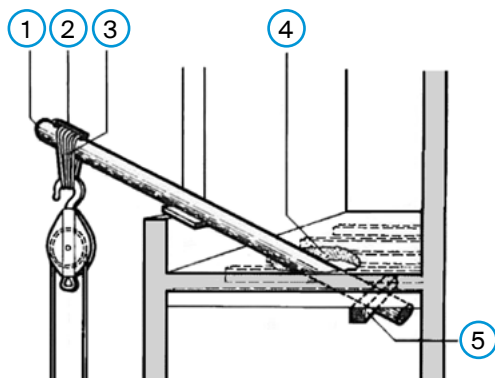


Fig. 56 : Potence inclinée installée dans un bâtiment

Fixer le bipied à l'aide d'un brêlage parallèle

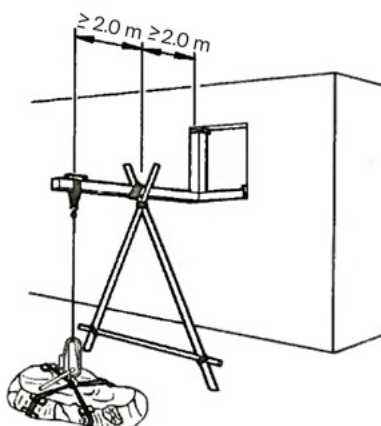


Fig. 55 : Potence horizontale sortant d'un bâtiment étayée par un bipied

Potences réalisées à l'aide de barres d'échafaudage

La grande flexibilité des barres
d'échafaudage et des accessoires
permet de réaliser de nombreuses
constructions improvisées.



Fig. 57 : Exemple d'un potence triangulaire (THW)

Déplacer des charges avec des engins de levage

Les engins de levage mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques permettent de soulever ou de déplacer d'énormes charges sans grand effort physique. Selon la situation, les dispositifs de levage sont utilisés individuellement ou en combinaison.

Engins de levage

Soulever une charge à l'aide d'un pied de biche

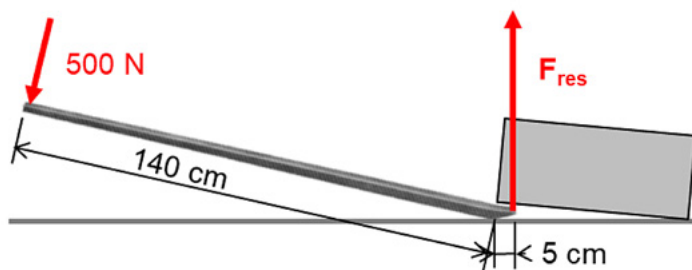
Le moyen le plus simple et souvent le plus rapide de soulever une charge est d'utiliser un pied de biche. Il est multifonctionnel et fait partie de l'équipement de base de chaque section de pionniers.

La loi des leviers :

Il y a équilibre lorsque le produit de la force motrice avec la longueur du bras de force est égale au produit de la force résistante avec la longueur du bras de charge.

Règles à observer lors de l'utilisation d'un pied de biche :

- Choisir un point de basculement situé près de la charge.
- Poser si possible une planche en bois dur sous le point de basculement (ne pas utiliser de pierre en raison du risque de rupture et de glissement).
- Utiliser les deux mains pour tenir la barre à côté de son corps.



$$500N \cdot 140cm = F_{res} \cdot 5cm$$

$$F_{res} = \frac{500N \cdot 140cm}{5cm} = 14'000N$$

Fig. 58 : Calcul des forces au moment de soulever une charge

Déplacer des charges avec des tire-câbles

	Avantages	Inconvénients
Dispositif combiné (écarteur) 	– Idéal comme dispositif initial pour des espaces étroits – Peu encombrant – Multifonctionnel	– L'utilisateur se trouve dans la zone de danger – Risque de basculement
Cric de charge / de voiture Treuil à bras 	– Simple et robuste – Ne nécessite pas d'alimentation électrique externe – Peu encombrant	– L'utilisateur se trouve dans la zone de danger – Risque de basculement
Coussin de levage 	– L'utilisateur se trouve à l'extérieur de la zone de danger – Capacité de levage élevée – Peut être utilisé pour des espaces étroits – S'adapte à différentes surfaces	– Nécessite un approvisionnement en énergie externe – Les grands coussins de levage sont encombrants

Tab. 20 : Avantages et inconvénients des engins de levage

Règles d'utilisation

Les règles énumérées ci-dessous ne remplacent pas les prescriptions des fabricants mais constituent des instructions complémentaires pour l'utilisation pratique.

Considérations générales

- Les prescriptions de sécurité, d'utilisation et d'application du fabricant doivent être respectées.
- La charge doit être soulevée alternativement par petites étapes et étayée en continu.
- Ne jamais soulever et étayer la charge simultanément.
- Mettre les mains à l'écart lors de l'étayage : aucune partie du corps ne doit se trouver sous la charge. Recourir à du matériel auxiliaire (p. ex. pied de biche, barres, etc.).
- Pour les méthodes d'étayage, voir le manuel de pionniers
Étayer des ouvrages et des éléments de construction.

Assurer les charges afin qu'elles ne se déplacent pas de manière involontaire ou incontrôlée.

Soulever les objets d'un seul côté

- Le point de basculement doit toujours être assuré.

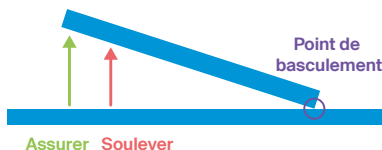


Fig. 59 : Croquis d'un point de basculement non assuré

- L'engin de levage peut glisser et être éjecté à partir d'une inclinaison de quelques degrés seulement. Lorsque l'on utilise des leviers en acier, utiliser toujours de supports en bois ou en plastique.
- Règles de base concernant le risque de glissement :
 - Acier sur acier dès $\sim 10^\circ$
 - Acier sur béton dès $\sim 20^\circ$
 - Coussin de levage dès $\sim 30^\circ$

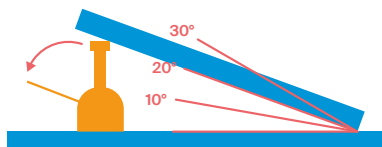


Fig. 60 : Risque de glissement avec les différents angles

Déplacer des charges avec des engins de levage

- Le risque de glissement peut être légèrement réduit en inclinant l'engin de levage, ce qui génère une force horizontale en plus de la force verticale. Les charges qui ne sont pas assurées peuvent glisser vers l'avant.
- Les engins de levage ayant de petites surfaces de contact (par exemple les écarteurs de secours) peuvent basculer sur le côté et donc déplacer la charge latéralement de manière involontaire. S'il y a un risque de déplacement latéral, la charge doit être assurée des deux côtés (p. ex. avec un tire-câble manuel chacun).
- Lorsque l'on soulève d'un seul côté des charges avec un centre de gravité élevé, il convient de prendre en compte le moment de basculement. La perpendiculaire au centre de gravité ne doit jamais dépasser l'arête de basculement afin d'éviter que la charge ne se renverse. Si nécessaire, la charge doit être assurée à l'aide d'un palan.



Fig. 61 : Forces horizontales lorsque l'engin de levage est incliné

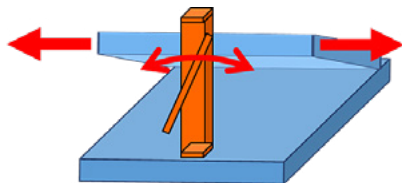


Fig. 62 : Charge non assurée contre le déplacement latéral

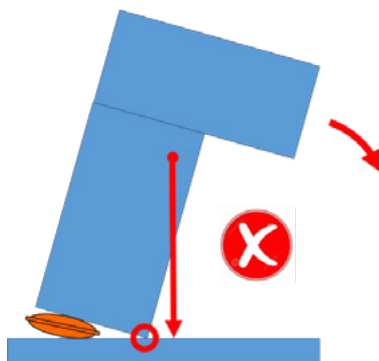


Fig. 63 : Moment de basculement avec un centre de gravité élevé

Coussins de levage

- Plus la hauteur de levage augmente, plus la force de levage du coussin diminue.
- Les coussins de levage se comportent comme des balles, surtout s'ils sont entièrement gonflés et superposés. Pour les travaux délicats, n'utiliser qu'un seul coussin et éviter de le remplir entièrement.

Ne jamais soulever la charge des deux côtés simultanément.

- Sécuriser la charge avec des tire-câbles manuels si le point de basculement est peu sûr et si la charge est étroite. Les deux tire-câbles sont relâchés légèrement l'un après l'autre et la charge est soulevée à l'aide des coussins jusqu'à ce que les câbles soient à nouveau tendus.
- Lorsqu'une charge est soulevée à l'aide de deux coussins de levage, ceux-ci doivent être superposés en étant correctement alignés. Si tel n'est pas le cas, la charge se déplacera latéralement au fur et à mesure du processus et pourrait basculer.

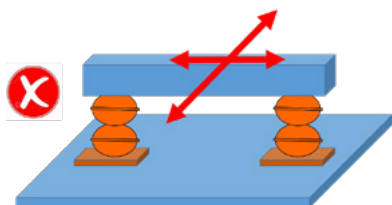


Fig. 64 : Risque de basculement lorsque la charge est soulevée des deux côtés

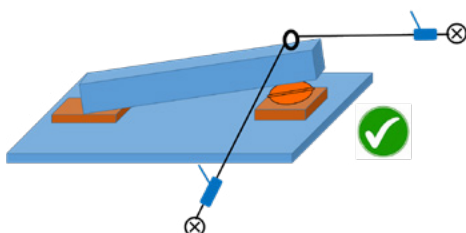


Fig. 65 : Soulever et assurer correctement une poutre

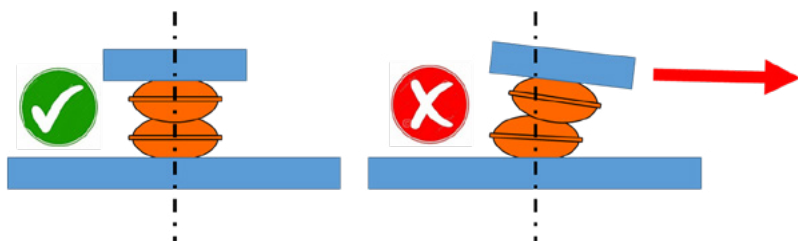
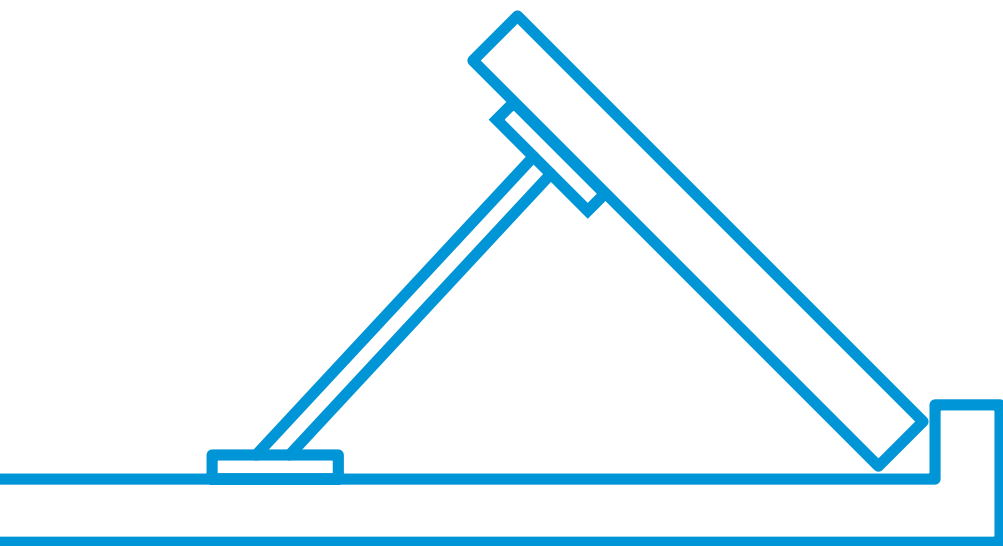


Fig. 66 : Comment superposer correctement deux coussins de levage

Manuel Pionnier

Assurance d'éléments de construction et d'ouvrages



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division protection civile et formation

Version 2025-07

Tables des matières

5 Informations générales

5 Utilisation des systèmes de sécurisation

5 Différenciation dans l'intervention

5 Mesures de sécurisation improvisées

5 Mesures de sécurisation improvisées

6 Mesures de sécurisation prévues

7 Formation et équipement

9 Sécurité

9 Considérations générales

9 Dangers lors d'interventions de sécurisation

10 Règles de sécurité importantes

12 Connaissances de base

12 Procédé général pour la sécurisation des éléments de construction et des ouvrages

12 Évaluation des éléments de construction et des ouvrages

13 Défaillance d'éléments de construction et d'ouvrages

14 Critères d'appréciation

18 Classification des systèmes de sécurisation possibles

18 Systèmes d'étagage

21 Systèmes de pose tendue

22 Mesures de sécurisation avec le matériel de chantier

24 Transfert de la force par des mesures de sécurisation

25 Suivi des éléments de construction et des ouvrages

25 Surveillance simple

26 Surveillance des fissures

26 Surveillance avec détecteur de mouvement

27 Surveillance avec des dispositifs optiques

28 Équipement et matériel d'étagage

28 Étagage avec du bois

29 Étagage avec des équipements du secteur de la construction

31 Soutien au moyen d'étais de sauvetage multifonctionnels

32 Étagage avec des blocs de plastique utilisés pour les opérations de sauvetage

32 Équipement supplémentaire requis

33 Règles d'étagage

33 Règles générales

34 Règles lors de l'utilisation du bois

41	Systèmes d'étaisage «shoring»	72	Etaçonnement des murs («Raker Shores»)
41	Généralités	72	Règles techniques générales
42	Étais verticaux («Vertical Shore»)	75	Les contrefiches en tant que charpentes planes ou tridimensionnelles
42	Dérivation des forces	78	Contrefort comme charpente plane ou tridimensionnelle
44	Étais isolés verticaux «T-Shore»	81	Étayage des ouvertures de bâtiments
47	Charpentes planes verticales («N-Post Vertical Shore»)	82	Étayages improvisés
50	Charpentes verticales tridimensionnelles	83	Annexe
52	Pile de bois croisée («cribbing»)	83	Charges volumiques et de surface
52	Généralités	84	Détermination de la charge admissible des étais de plafond métalliques (extrait du manuel de construction de l'armée suisse)
52	Règles techniques	86	Aides au dimensionnement pour l'étaisage des bâtiments (extrait du manuel de construction de l'Armée suisse)
57	Alternatives à la pile de bois croisée		
60	Étayages horizontaux («Horizontal Shore»)		
60	Règles techniques générales		
60	Structure de poutres à contrefiches (treillis)		
62	Sécurisation des excavations		
64	Étayage des éléments de construction inclinés («Sloped Floor Shore»)		
64	Règle technique générale		
67	Étayages avec la méthode à angle droit («Sloped Floor Shore Perpendicular»)		
70	Étaisage au moyen de la méthode verticale («Sloped Floor Shore Friction Type»)		

Informations générales

Utilisation des systèmes de sécurisation

La capacité à sécuriser des ouvrages ou des éléments de construction au moyen d'étais, d'étrésillonnements ou d'autres techniques est l'une des tâches essentielles des pionniers.

Les événements suivants peuvent être à l'origine d'un effondrement de bâtiments, parties de bâtiments ou d'ouvrages :

- Inondation, affouillement
- Glissement de terrain, coulée de boue, éboulement, avalanche
- Glissement ou rampement du terrain
- Charge de neige
- Tempête
- Incendie, explosion
- Tremblement de terre
- Impact des moyens de transport
- Destruction chimique (par exemple, corrosion) ou biologique (par exemple insectes, champignons) de la structure du bâtiment
- Attaques terroristes

Différenciation dans l'intervention

Mesures de sécurisation improvisées

Lors d'une intervention en cas de catastrophe, il doit être possible, dans le cadre des opérations de sauvetage ou de mise à disposition d'infrastructures importantes, de mettre en œuvre des mesures de sécurisation souvent sous la pression du temps sans planification et préparation préalables. En cas de sinistre majeur, même les spécialistes ne peuvent, dans des délais très courts et en l'absence de plans de construction, procéder qu'à des estimations. Il n'est généralement pas possible d'effectuer des calculs précis de la statique.

Mesures de sécurisation improvisées

- Mesures pour les situations d'urgence,
- ne servent généralement qu'à la sécurisation sélective de zones menacées dans la zone de l'axe de l'intervention,
- n'entrent en ligne de compte que temporairement pendant l'intervention,
- doivent généralement être appliquées avec des moyens simples disponibles sur place (étais, échafaudages, bois, etc.).

Ainsi, la sécurité structurale et la qualité de ces étais ne peuvent donc être qu'estimées. Dès que la situation le permet, ils doivent être soit vérifiés par des spécialistes qualifiés et adaptés si nécessaire, soit remplacés par des systèmes prévus à cet effet.

Les mesures de sécurisation improvisées s'imposent particulièrement dans le cas d'événements à large échelle et pour lesquels le temps est compté. L'expérience a montré que les ressources sont très limitées dans de tels cas. Le sauvetage dans les décombres après un tremblement de terre est un exemple typique d'une telle intervention.

Mesures de sécurisation prévues

Si la situation le permet, seules les mesures de sécurisation prévues doivent être mises en œuvre.

Concrètement, cela signifie que :

- les systèmes de sécurisation sont planifiés et dimensionnés dans les règles de l'art par une/ un spécialiste qualifié/e (maître d'ouvrage, ingénieur civil, spécialiste en statique, conseiller/ère technique en bâtiment, etc.) ;
- les systèmes de sécurisation sont créés et vérifiés sous la direction technique d'un spécialiste.

Des mesures de sécurisation doivent être prévues en particulier si elles doivent rester en place pendant une longue période (par exemple jusqu'à la reconstruction) ou si des bâtiments entiers doivent être étayés.

Les mesures de sécurisation planifiées sont utilisées pour les événements ponctuels et n'exigeant pas d'intervention rapide. Dans le cas d'un tel événement, des ressources suffisantes peuvent généralement être fournies de l'extérieur.

Si la protection civile ne dispose pas elle-même des experts en construction nécessaires, elle peut les soutenir activement dans l'élaboration des mesures de sécurisation.

Même lors d'opérations de sauvetage, les étalements ne doivent être exécutés qu'après évaluation et sous la direction de spécialistes!

Le présent manuel traite exclusivement des mesures de sécurisation **improvisées, donc provisoires**, pour une intervention ponctuelle et temporaire en cas de catastrophe.

Formation et équipement

En tant qu'organisation d'intervention, la protection civile doit se concentrer sur la mise en œuvre de **mesures de sécurisation improvisées**. Pour garantir cette compétence, le personnel de la protection civile doit être formé de manière adéquate :

- les cadres doivent être capables de faire une évaluation rudimentaire d'ouvrages simples ou de couches de décombres qui risquent de s'effondrer, en termes de sécurité, de stabilité résiduelle et de mesures nécessaires (y compris le concept de sécurité) et de planifier et conduire l'intervention ;
- les pionniers doivent être capables de préparer et d'installer rapidement et en toute sécurité des systèmes de sécurisation définis selon les normes.

L'évaluation de l'ouvrage et les mesures de sécurisation nécessaires peuvent prendre plus ou moins de temps et différer quant aux exigences en fonction du sinistre, de la taille et de l'état de l'ouvrage.

Les situations complexes sont surtout les situations de décombres après un tremblement de terre. La destruction est généralement grave et étendue. Pendant l'intervention, les **répliques** peuvent à nouveau exercer des forces importantes sur les bâtiments endommagés et sur les systèmes de sécurisation. Ce sont surtout les forces horizontales qui détruisent les bâtiments et les systèmes de sécurisation. Les mesures de sécurisation doivent pouvoir absorber ces forces au mieux.

La section de pionniers doit également disposer d'un équipement minimal approprié pour créer les premiers systèmes de sécurisation. Si le matériel doit encore être acquis en cours de mission, la protection civile arrivera trop tard pour les interventions où le temps est compté. L'intervention risque de toute façon d'être menée sans les mesures de sécurisation nécessaires. Les forces d'intervention et les personnes civiles touchées sont alors exposées à des risques majeurs.

Sur la base de ces considérations, la formation suivante est proposée :

Fonction	Compétence technique	Période de formation
Pionnier	Création d'étais verticaux simples	au moins 1 jour
	Réalisation d'étrésillonnements simples	
Cadre Pionnier	Appréciation de situations simples et détermination des mesures de sécurisation simples et appropriées	au moins ½ jour

Tab 1 : Fonction, compétence technique et période de formation.

Sécurité

Considérations générales

L'intervention dans une zone de danger comportant des bâtiments ou des éléments de construction endommagés et susceptibles de s'effondrer représente un risque très élevé pour toutes les forces d'intervention. Les interventions de sauvetage dans les zones de décombres peuvent durer des heures, voire des jours. Pendant ce temps, les sauveteurs sont exposés aux dangers et peuvent eux-mêmes être blessés ou ensevelis. Le risque est particulièrement élevé dans la première phase de l'intervention, lorsque la stabilité résiduelle de l'ouvrage n'est que partiellement connue et que les mesures de sécurisation doivent encore être mises en place. Le respect des règles de sécurité est donc essentiel à la survie!

Dangers lors d'interventions de sécurisation

Défaillance d'éléments de construction ou d'ouvrages due à

- des éléments et matériaux de construction mis excessivement à contribution,
- l'affaiblissement supplémentaire des éléments porteurs (par le feu, la surcharge, les vibrations causées par les machines de chantier, le retrait/déplacement d'éléments, la défaillance du sol, etc.)
- aux répliques des tremblements de terre (même les bâtiments supposés stables peuvent s'effondrer !).

Dangers supplémentaires dus

- au feu,
- au gaz, à l'eau, à l'électricité, aux canalisations,
- aux autres substances dangereuses qui ont été libérées (substances toxiques, asphyxiantes, explosives).

Règles de sécurité importantes

Les règles de sécurisation principales sont résumées dans un tableau sous forme d'aperçu global. Des explications et des remarques supplémentaires sont fournies dans les chapitres principaux qui suivent.

Concept de sécurité	Les travaux exécutés lors des interventions de sécurisation présentent toujours des dangers particuliers Toujours établir un concept de sécurité et d'urgence
Consultant	Toujours demander d'abord à un/e conseiller/ère technique en bâtiment compétent
Évaluation des bâtiments	Première évaluation de la sécurité (principe des 4 yeux au moins) toujours de l'extérieur (tour de reconnaissance), ne pas entrer dans les zones dangereuses ! Estimer la stabilité résiduelle des éléments de construction / de l'ouvrage, localiser les autres dangers Définir les mesures nécessaires
Zones à risque	Définir marquer ou interdire d'accès les zones à risque avec une autorisation d'accès, par exemple : Zone rouge = danger aigu pour la vie, interdit Zone orange= danger, uniquement pour les forces d'intervention Zone verte = pas de danger
Sécurité personnelle	Votre propre sécurité passe avant tout En cas de doute, «No Go» , renoncez à l'intervention!
Zone de projection des décombres	N'entrez pas dans les zones de projection des décombres ! Gardez une distance de sécurité. Règle approximative : au moins 1,5 fois la hauteur du bâtiment !
Surveillance des bâtiments	Contrôler en permanence la stabilité des ouvrages/éléments de construction par des mesures appropriées

Chef/fe de la sécurité	Toujours désigner un/e chef/fe de la sécurité
Forces d'intervention	Engager le moins de personnes possible dans la zone de danger et seulement aussi longtemps que nécessaire Préparer les systèmes de sécurisation sur un site sûr Porter systématiquement un équipement de protection individuelle Assurer les liaisons
Défense	Toujours se déplacer de la zone sécurisée à la zone non sécurisée Libérer la voie de la retraite en permanence
Supports rapides	Pour les travaux de sécurisation qui prennent du temps dans la zone dangereuse, il faut toujours commencer par un étayage rapide (par exemple un étau de coffrage)
Effet mikado	Éviter les vibrations (engins de démolition, machines de chantier) Ne pas enlever, déplacer, repositionner ou affaiblir les éléments chargés
Plan d'urgence	Garantir l'alerte d'urgence Définir les voies d'évacuation, les garder dégagées et les éclairer la nuit Organiser le poste collecteur et le service sanitaire

Tab. 2 : Règles de sécurité importantes

Connaissances de base

Procédé général pour la sécurisation des éléments de construction et des ouvrages

1. Évaluation des éléments de construction et de l'ouvrage (voir cette page).
2. Définir les mesures de sécurisation et établir des esquisses.
3. Déterminer une manière d'agir tactique coordonnée avec l'intervention globale (où, quoi, qui, dans quel ordre ?).
4. Mettre en place un dispositif de sécurité (surveillance des bâtiments, alarmes, voies d'évacuation, éclairage, poste collecteur, etc.)
5. S'il existe un risque élevé d'effondrement, procéder tout d'abord à un étayage rapide comme première mesure immédiate.
6. Enregistrer la masse volumique et déterminer les dimensions des différents éléments des systèmes de sécurisation.
7. Au besoin, créer des croquis de construction, des listes du matériel, des listes de pièces, des modèles.
8. Installer le poste de montage et le dépôt de matériel dans un endroit sûr.
9. Dans la mesure du possible, préparer ou préfabriquer les systèmes de sécurisation sur le poste de montage.
10. Installer sur place les systèmes de sécurisation, retirer les étais d'urgence si nécessaire.

11. Vérifier les systèmes de sécurisation à intervalles réguliers, mais toujours après des modifications (répliques, secousses, etc.) et, si nécessaire, les optimiser/renforcer.

Évaluation des éléments de construction et des ouvrages

Après un événement dommageable aux bâtiments et aux éléments de construction, un nouvel équilibre statiquement instable s'établit, qui réagit de manière très sensible aux perturbations extérieures (secousses, vibrations, etc.). Avant de pénétrer dans les zones dangereuses, il est essentiel d'établir la capacité portante résiduelle des différents éléments et de l'ouvrage entier et de déterminer les mesures de sécurisation qui peuvent être prises pour maintenir ou renforcer l'équilibre statique.

L'évaluation doit également permettre d'examiner s'il faut pénétrer dans la zone sinistrée ou s'il existe une autre solution (par exemple, dans le cas d'opérations de sauvetage, un accès plus long mais sûr).

Des mesures de sécurisation improvisées sont prises en présence d'une situation dommageable simple en s'appuyant sur des estimations sans grands calculs statiques.

Pour une évaluation simple, une compréhension minimale de la statique des constructions ainsi que des connaissances des matériaux, des éléments et types de construction sont nécessaires. Dans des situations simples et gérables, il n'est pas toujours nécessaire de confier l'évaluation à des ingénieurs. Même les artisans ou contremaîtres bien formés et expérimentés du secteur du bâtiment et du génie civil ont un «sens des proportions», une expérience et une capacité de jugement fiables. Chaque section de pionniers dispose de spécialistes qui possèdent ces connaissances techniques grâce à leurs activités professionnelles. C'est pourquoi nous ne traiterons pas dans ce document les matériaux, éléments et types de construction caractéristiques.

L'utilisation de drones modernes est recommandée afin d'éviter de pénétrer inutilement dans les zones dangereuses tout en étant capable d'effectuer une reconnaissance aussi révélatrice que possible.

Défaillance d'éléments de construction et d'ouvrages

En principe, les éléments de construction et les ouvrages peuvent faire l'objet d'une défaillance pour les raisons suivantes :

- rupture, flambage (défaillance des matériaux de construction)
- basculement
- glissement
- enfoncement dans le sol (affaissement du sol)

Critères d'appréciation

Une évaluation simple peut être réalisée en utilisant les critères suivants :

- Type de construction ?
 - Construction en dur (béton armé, maçonnerie)
 - Construction en bois
 - Construction en ossature (acier, béton)
- La qualité de la construction ?
- Le sous-sol, les fondations ?
- Sol mou, pente ?
- Type d'utilisation, nombre d'étages ?
- Classe de dommages ?

- Poids, forces en action ? Ils ne peuvent généralement être calculés qu'avec difficulté ou pas du tout (un tableau portant sur la densité des matériaux de construction importants figure dans l'annexe à la page 83).
- Quels sont les composants qui ont une fonction de support statique ?

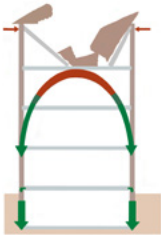
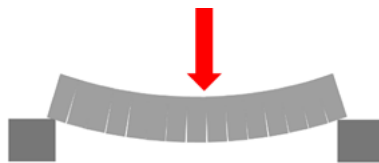


Fig.1: Transfert des forces dans les fondations (Wellenhofer, THW)

Classe	État		Signe
1	Dom-mages lé-gers		endommagé ✗
2	Dom-mages modérés		
3	Dom-mages lourds		partiellement détruit ✗✗
4	Dom-mages ex-trêmes		
5	Détruit		totalement détruit ✗✗✗

Tab. 3 : Classe de dommages

- Comment les charges sont-elles transférées au sol ?
- Les points faibles des **éléments porteurs** ?
 - Éléments de construction excessivement mis à contribution
 - Éléments de construction / connexions endommagés ou défaillants
 - Signes d'effondrement
 - Transposition des éléments (par exemple, les murs deviennent des plafonds, les plafonds deviennent des murs)
- Signes typiques d'éléments de construction affaiblis :
 - Affaissement des éléments, Largeur des fissures dans le béton armé $> 3\text{ mm}$
 - Fissures béantes dans la maçonnerie
 - Dispositifs d'appui affaiblis/hypersollicités
 - Fers d'armure exposés
- Quelles sont les forces que les éléments de construction peuvent encore absorber eux-mêmes?
- Quelles forces doivent être absorbées par les systèmes de sécurisation ? Ces forces peuvent-elles être absorbées par les systèmes de sécurité disponibles ?
- Des éléments de construction sont-ils suspendus, mal fixés ou penchés?
- Les éléments instables peuvent-ils éventuellement être éliminés sans effets négatifs sur l'équilibre statique?



La stabilité du béton armé devient critique lorsque les fissures atteignent 3 mm!

Fig.2 : Fissures dans un plafond en béton armé



Fig.3 : Mur de briques fissuré



Fig.4 : Dispositifs d'appui défaillants / hypersollicités



Fig.5 : Fers d'armure exposé

Niveau d'endommagement des éléments	Portée du dommage	Mesures de sécurisation exigées
1	Légèrement ou pas endommagé	Aucune exigence
2	Fortement endommagé	Étayage en fonction des dommages
3	Dommages graves	Étayage total (L'élément n'a plus sa propre capacité portante)
4	Défaillance fonctionnelle	Étayage total (L'élément n'a plus sa propre capacité portante)
5	Défaillance totale	Aucune mesure possible

Tab. 4 : La méthode des 5 niveaux

- Évaluation des différents **éléments de construction** selon la méthode des 5 niveaux (d'après l'ingénieur diplômé Holger Hohage, THW) :
- Zones de projection des décombres ?
- Ce qui peut
 - tomber ?
 - se renverser ?
 - glisser ?
 - s'effondrer ?
- Autres dangers (électricité, gaz, eau, substances dangereuses, danger de chute, etc.)
- Évaluation finale de la **capacité portante résiduelle de l'ensemble de l'ouvrage** (si les éléments individuels sont évalués au niveau 4 ou 5, l'ensemble de l'ouvrage ne doit pas nécessairement être instable !)
 - Stable ?
 - Instable ?
 - Totalement instable ?
- Quelles sont les zones auxquelles l'accès doit être interdit (zones critiques, **zones dangereuses**) ?

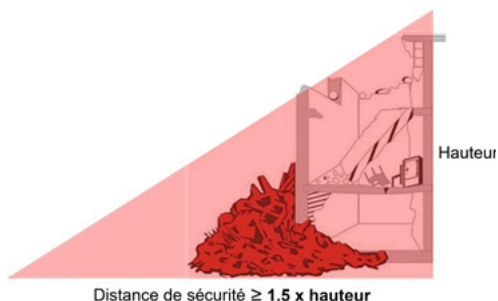


Fig. 6 : Zone de projection des décombres

En cas d'interventions prolongées ou de modifications, il convient de réévaluer sans cesse les éléments de construction et l'ouvrage !

Les spécialistes ne sont pas les seuls à représenter une source d'information fiable, il y a aussi les propriétaires et les riverains.

Cette évaluation sert de base pour définir les **mesures de sécurisation nécessaires** et la procédure à suivre.

Classification des systèmes de sécurisation possibles

Systèmes d'étagage

Orientation

Selon la force exercée, la situation et l'équipement, les systèmes d'étagage peuvent être utilisés verticalement, horizontalement (étrésillage), voire obliquement.

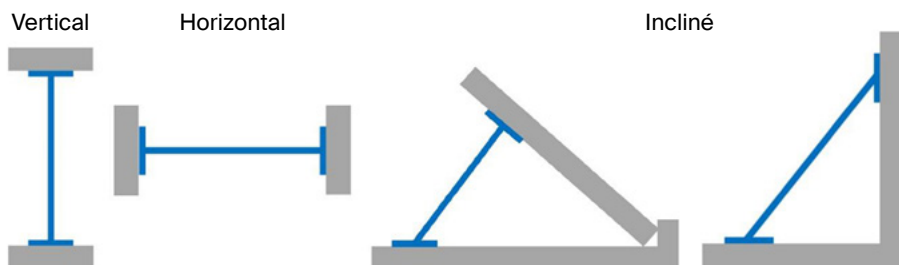


Fig.7 : Orientation des systèmes de sécurisation (Blockhaus, THW)

Constructions de base

Les systèmes d'étaisage peuvent être divisés en trois **constructions de base** :

Étais individuels

- Le type d'étaisage le plus simple.
- Selon le type d'étaisage, il peut être utilisé verticalement, horizontalement ou obliquement.
- Convient particulièrement comme première mesure rapide.
- Structure relativement simple.

Charpentes planes

- Les étais individuels sont reliés puis consolidés pour former une charpente plane.
- Selon le type, peut être utilisée verticalement, horizontalement ou obliquement.
- Exige une compétence professionnelle.

Charpentes tridimensionnelles

- Charpentes planes individuelles reliées puis consolidées pour former une charpente tridimensionnelle
- Selon le type, elle peut être utilisée verticalement, horizontalement ou obliquement.
- Nécessite des pionniers du sauvetage bien formés.
- Une construction très fiable ; le premier choix lors des interventions en cas de tremblement de terre!



Fig. 8 : Étais individuels (THW)

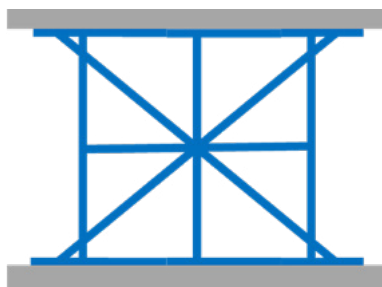


Fig. 9 : Charpentes planes (THW)

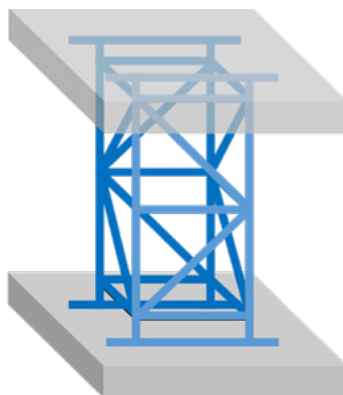
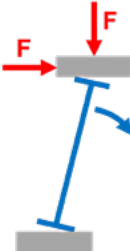


Fig.10 : Structure de base d'étais, Charpentes tridimensionnelles (THW)

*Comportement sous charge et
durée de montage*

Le comportement de la structure porteuse et la durée de montage nécessaire dépendent également dans une large mesure de l'équipement utilisé. Par exemple, un seul étau pour charges lourdes peut absorber d'énormes forces.

	Sécurité structurale	Résistance au flambage	Sécurité contre le basculement	Durée de montage
				
Étai individuel	✓	✓	✓	✓ ✓ ✓
Charpente plane	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Charpente tridimensionnelle	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓

Tab. 5 : Comportement sous charge et durée de montage avec un matériel d'étayage identique !

Systèmes de pose tendue

Les éléments de construction peuvent également être ancrés ou haubanés à l'aide de palans à câble ou de tiges filetées.

Haubanage/ancrage

- Fixation des éléments d'un ouvrage en les serrant (pose tendue interne) ou en les ancrant à l'extérieur.
- Peut être utilisé horizontalement, obliquement ou verticalement.
- Nécessite beaucoup de compétences techniques.

Squelettage

- Étayage coordonné des murs endommagés (par exemple, maçonnerie) à l'aide de poutres en bois et de tiges filetées.
- Exige une grande compétence professionnelle, notamment en matière de planification.

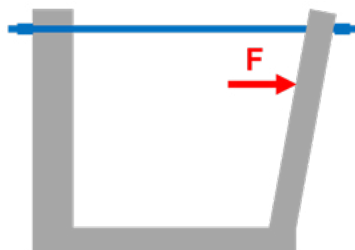


Fig.11 : Pose tendue interne

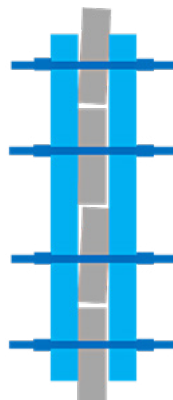


Fig.12 : Squelettage

Mesures de sécurisation avec le matériel de chantier

Le matériel de chantier permet de sécuriser très rapidement les éléments instables sans que les personnes n'aient à pénétrer dans la zone de danger. À des fins de mesure immédiate, il convient donc idéalement pour effectuer une première sécurisation rapide ou d'urgence, notamment pour protéger les forces d'intervention pendant l'installation d'autres systèmes de sécurisation ou les premières opérations de sauvetage. Attention : l'utilisation d'engins de chantier peut être délicate. Quelques centimètres de trop et la partie concernée du bâtiment risque de s'effondrer !

Toutefois, il faut que l'accès soit garanti et qu'une surface de travail suffisamment grande soit disponible. De plus, une distance de sécurité doit être maintenue pour protéger l'opérateur/teur de l'engin. Ces conditions ne sont souvent pas remplies, surtout dans le cas d'opérations suite à un séisme.

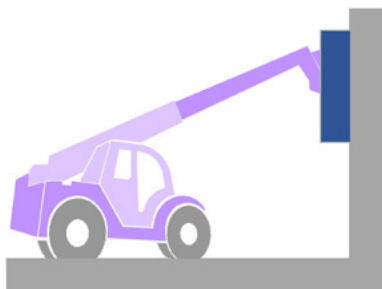


Fig.13 : Étayage à l'aide d'un chargeur télescopique

Chargeur télescopique

- Étayage, à l'aide d'un chargeur télescopique, d'éléments de construction endommagés.
- Il faut beaucoup de compétence technique et un machiniste professionnel.

Grues mobiles

- Sécuriser ou étayer les éléments qui risquent de s'écraser.
- Enlever certaines parties du bâtiment.
- Des personnes doivent entrer dans la zone de danger pour fixer les charges.
- Nécessite de grandes machines de chantier, beaucoup de compétence technique et un machiniste professionnel.



Fig.14 : Sécurisation avec une grue mobile

Le matériel de chantier n'est pas seulement utilisé pour fixer ou retirer des éléments de construction. Il est également indispensable pour mettre en place et positionner de grandes et lourdes structures de sécurisation ou pour transporter des forces d'intervention et du matériel vers des endroits élevés difficiles d'accès par le bas.

Les machines de chantier ne doivent être utilisées que par des opératrices/teurs professionnel/les et expérimenté/es! L'utilisation par des non-professionnels en cas de catastrophe comporte des risques très élevés.

Outre les chargeurs télescopiques et les grues mobiles, les pelles mécaniques, les échelles tournantes montées sur camion, les plates-formes mobiles de levage et les nacelles élévatrices peuvent également s'avérer des éléments clés de la sécurisation d'ouvrages.

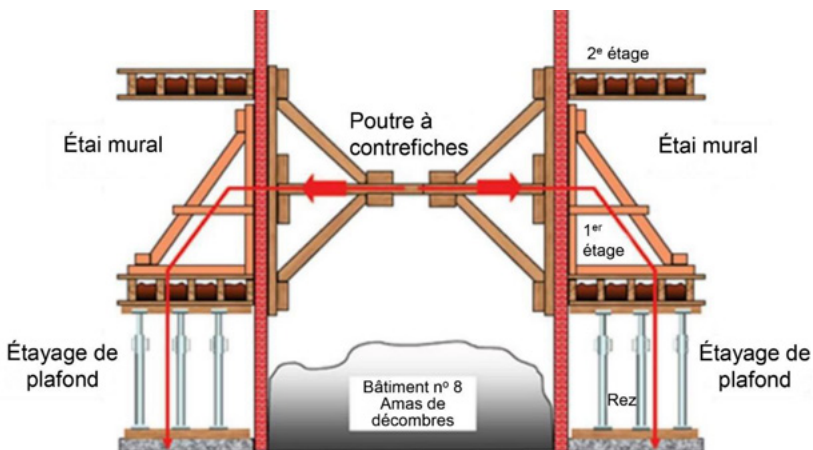


Fig.15 : Transfert de la force lors de la sécurisation de bâtiments avec une poutre à contrefiches (Blockhaus, THW)

Transfert de la force par des mesures de sécurisation

Les mesures de sécurisation servent à transférer la surcharge d'un élément de construction endommagé vers les fondations ou le sous-sol au moyen d'un élément porteur. Selon la situation, une seule mesure de sécurisation peut ne pas être suffisante, si bien que plusieurs mesures de sécurisation coordonnées peuvent s'avérer nécessaires. Nous expliquerons cela à l'aide de l'exemple de la sécurisation de deux façades de maison opposées :

- Deux façades endommagées sont sécurisées horizontalement l'une contre l'autre de l'extérieur au moyen de ce que l'on appelle une poutre à contrefiches.
- La pression horizontale à travers une façade est transférée à l'autre façade via cette poutre. Les façades ne peuvent absorber les forces horizontales que dans une mesure limitée (en particulier la maçonnerie). Si les forces sont trop importantes, la façade peut s'effondrer.
- Pour cette raison, les deux façades doivent aussi être sécurisées de l'intérieur par des étais muraux.
- Les forces sont dirigées vers les plafonds via les étais muraux. Si les plafonds sont trop faibles, ils peuvent eux aussi s'effondrer sous l'effet d'une surcharge.

- Dans ce cas, les plafonds doivent également être soutenus par le bas et les forces doivent être dérivées vers les fondations.
- L'étais est généralement construit du bas (fondation, sol) vers le haut.

Lors de la planification de l'intervention, l'effet des forces et les chemins de dérivation des forces doivent être évalués non seulement avant, mais aussi après la mise en place d'une mesure de sécurisation!

Suivi des éléments de construction et des ouvrages

Lors de la mise en place de systèmes de sécurisation ou de l'exécution de travaux de sauvetage, les forces d'intervention sont exposées à des risques extrêmes en cas de défaillance d'éléments de construction ou de bâtiments entiers. La surveillance et une organisation d'alarme (parties intégrantes du concept d'urgence) doivent garantir qu'une défaillance imminente soit détectée avant l'effondrement et que les forces d'intervention disposent de suffisamment de temps pour quitter la zone de danger.

Surveillance simple

- Observation des changements (formation de fissures, mouvements, ruissellement de pierres et de matériaux fins, chute de plâtre, déformations excessives, etc.)
- Perception de bruits de craquement (un «bon» signe d'alerte précoce, en particulier pour les éléments en bois).
- En cas de tremblements de terre : percevoir les répliques.
- Détection des étais hypersollicités (bruits dus aux fissurations, flexion des supports et des poutres, enfoncement des étais dans la sous-poutre en bois, etc.)



Fig.16 : Les étais enfoncés dans la traverse ou dans la sous-poutre de tête indiquent une mise à contribution excessive du système d'étagage (Federal Emergency Management Agency – FEMA)

Surveillance des fissures

Possibilités de surveillance des fissures :

Tracer une ligne bien visible sur la fissure avec de la peinture de marquage. Les lignes décalées les unes par rapport aux autres indiquent un mouvement. Une personne doit se rendre dans la zone de danger.

Poser sur la fissure un scellé de plâtre ou de verre au moyen d'un enduit rapide. Si le scellé se brise, c'est que l'élément a bougé. Une personne doit entrer dans la zone de danger.



Fig. 17 : Surveillance avec ligne de couleur
(Regina Wenk)



Fig. 18 : Scellement de plâtre sur une fissure

Surveillance avec détecteur de mouvement

Le détecteur de mouvement, qui a été spécialement développé pour le domaine du sauvetage, est monté sur un élément de construction ou un étau. Il déclenche automatiquement une alarme en cas de mouvements ou de vibrations. Une personne doit entrer dans la zone de danger.



Fig. 19 : Détecteur de mouvement
(OPC Thurgovie)

Surveillance avec des dispositifs optiques

Repérage des coins, bords et lignes critiques au moyen d'un tachymètre. Si l'élément de construction sort du réticule, c'est qu'il a bougé. Le tachymètre doit être vérifié par une personne à intervalles courts et réguliers. Personne ne doit entrer dans la zone de danger.

Montage de réflecteurs en plusieurs points critiques et surveillance automatique de tous les points pour détecter les écarts au moyen d'un tachymètre laser moderne. Ce procédé nécessite un équipement spécial et du personnel (géomètres) formé au mesurage. Les équipements spécialement installés pour la surveillance des bâtiments déclenchent automatiquement une alarme. Une personne doit entrer dans la zone de danger.

Surveillance des points critiques au moyen **d'appareils de surveillance laser** spécialement développés pour les interventions de sauvetage. Si la position des éléments de constructions ciblés change, les dispositifs déclenchent automatiquement une alarme. Le seuil d'alerte des appareils peut être ajusté. Ces appareils sont adaptés aux milices et peuvent être utilisés après une brève formation. Personne ne doit entrer dans la zone de danger.



Fig. 20 : Tachymètre

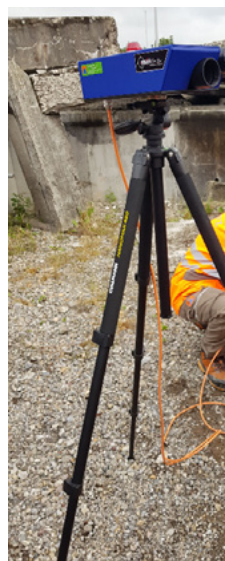


Fig. 21 : Appareil de surveillance laser (OPC Thurgovie)

Équipement et matériel d'étayage

Étayage avec du bois

Le bois est le matériel le plus couramment utilisé pour les étais. En général, on utilise du bois de construction disponible dans le commerce, provenant d'épicéa ou de sapin. Le bois est aussi absolument nécessaire pour servir de support ou de moyen d'assemblage dans d'autres systèmes d'étais ou aux liaisons. Il est donc indispensable dans chaque cas d'étais.



Fig. 22 : Étai mural en bois (FEMA)

Avantages

- Léger et pourtant très résistant
- Peut être adapté à presque toutes les situations
- Usinable avec des outils simples
- Si le dimensionnement est suffisant, le bois est doté d'un **système d'alerte précoce**. Il se fend et se craquelle (rupture des fibres faibles) avant la défaillance totale de l'étais.
- Est disponible partout au niveau régional

Inconvénients

- Nécessite beaucoup de temps pour la mise en place et l'installation
- D'où une durée prolongée d'exposition non protégée dans la zone dangereuse
- Requiert des spécialistes. Sans les artisans de l'industrie du bois (charpentiers, menuisiers) ou les pionniers du sauvetage spécialement formés, la sécurité structurale et la qualité des grands systèmes d'étais ne peuvent guère être garanties
- En cas de longues périodes d'immobilisation, le bois peut se rétracter, d'où un risque de défaillance du système

Étayage avec des équipements du secteur de la construction

- Étais de plafond
 - Variante normale en acier
 - Étais robustes en métal léger. Grâce à des accessoires, il peut également être utilisé pour monter des charpentes planes et tridimensionnelles.



Fig. 23 : Étais de plafond (Peri)

- Étançons de tranchée



Fig. 24 : Étançon de tranchée

- Étais tirant-poussant
 - Sont conçus pour des supports obliques



Fig. 25 : Étai tirant-poussant

- et résistent aussi bien à la compression qu'à la traction
- Matériel d'échafaudage
 - Les échafaudages universels sont particulièrement adaptables, par exemple le système d'échafaudage EGS de THW



Fig. 26 : Charpente tridimensionnelle avec l'EGS

Avantages

- Capacité de charge élevée
- Nécessite peu ou pas de temps de préparation et se met rapidement en place
- D'où une brève durée d'exposition non protégée dans la zone dangereuse
- Les pièces individuelles sont généralement portables par une seule personne
- Des équipements robustes et éprouvés pour une utilisation efficace lors des travaux de construction quotidiens
- Ne nécessite pas d'aptitudes manuelles particulières
- Est disponible partout au niveau régional

Inconvénients

- En général, les étais métalliques peuvent donner lieu à une défaillance sans signes avant-coureurs
- La plupart des systèmes sont conçus pour des éléments de construction parallèles ou à angle droit. Les étayages obliques ne sont souvent possibles qu'avec des adaptations supplémentaires (bois)
- Les pionniers doivent avoir suivi une formation de base au maniement des systèmes

Soutien au moyen d'étais de sauvetage multifonctionnels

Avantages

- Capacité de charge très élevée
- Extrêmement flexible, peut s'adapter à pratiquement toutes les situations
- Nécessite peu ou pas de temps de préparation et s'installe très rapidement.
- D'où une brève durée d'exposition non protégée dans la zone dangereuse
- Les pièces individuelles peuvent être transportées par une seule personne
- Simple et adapté à la milice
- Nombreuses autres utilisations possibles dans les interventions de sauvetage (par exemple, trépied ou bipied)
- Ne nécessite pas d'aptitudes manuelles particulières

Inconvénients

- Coûteux
- Les pionniers doivent être formés au maniement des systèmes

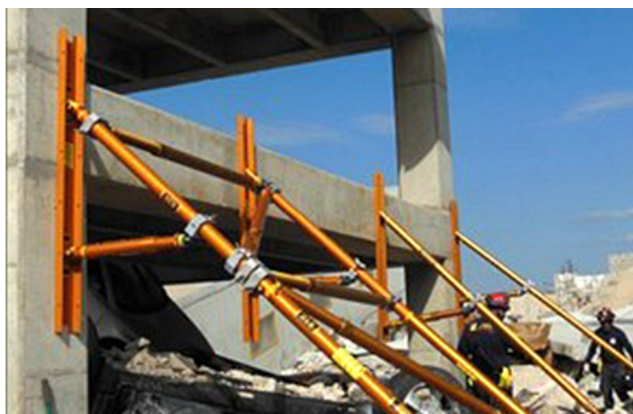
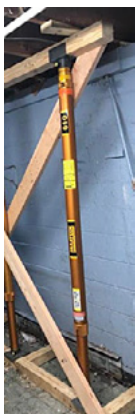


Fig. 27: Étais de sauvetage multifonctionnels (Paratech)

Étayage avec des blocs de plastique utilisés pour les opérations de sauvetage

Avantages

- Capacité de charge très élevée
- Flexible, peut être adapté à de nombreuses situations
- Ne nécessite pas de temps de préparation et s'installe très rapidement.
- D'où seulement une durée brève d'exposition non protégée dans la zone de danger.
- Particulièrement adapté à la sécurisation lors du soulèvement de charges avec des appareils de levage
- Simple et adapté à la milice

Inconvénients

- Convient uniquement aux sécurisations/calages petits et bas



Fig. 28 : Blocs et cales en plastique pour la sécurisation et l'étalement (Holmatro)

Équipement supplémentaire requis

En plus de l'équipement général de pionnier, il convient de garantir l'équipement indiqué ci-dessous.

Prise de mesures :

- Double mètre, mètre à ruban, appareil de mesure laser
- Équerre, rapporteur, niveau

Préparation :

- Tronçonneuse, scie à main
- Clous ou vis à bois (les vis sont préférables) dans les longueurs requises
- Matériel de perçage et de vissage (visseuse sans fil)
- Matériel d'assemblage et de consolidation (par exemple, colliers de construction, plaques de clouage, plaques de bois, feuillards d'acier perforés, planches de bois, tubes d'échafaudage avec des raccords de tubes appropriés, sangles d'arrimage)

Installation :

- Niveau à bulle
- Cales en bois
- Échelles polyvalentes de la longueur requise
- Matériel d'ancrage (ancrages pour béton, tiges d'ancrage, ancrages de sol, etc.)
- Éventuellement un chariot télescopique

Règles d'étagage

Règles générales

N'essayez jamais de repousser les éléments de construction dans leur position initiale!

Systématiquement surdimensionner les étagages.

Toujours apposer les étais par adhérence sur un sol solide ou directement sur les éléments de construction porteurs (dalle de béton, poutres, entretoise, poutres principales, etc.). Ne jamais prendre appui sur des décombres, des couches intermédiaires molles (isolation, mousse expansive, polystyrène) ou des plafonds suspendus.

En cas de **tremblement de terre**, n'utiliser contre le basculement que des charpentes tridimensionnelles qui sont stables ou ancrer les étais en conséquence.

Lorsque les charpentes tridimensionnelles doivent être installées verticalement, les proportions suivantes doivent être respectées :

- Rapport hauteur : largeur idéal = **1:1** (principe du cube)
- Rapport hauteur : largeur maximal = **3:1**

Comme couche intermédiaire, utiliser toujours des blocs de bois ou de plastique utilisés pour les opérations de sauvetage. Ne jamais étayer l'acier directement sur l'acier ou l'acier sur la pierre.

S'il y a un risque de poinçonnement, systématiquement répartir l'application de la force sur une grande surface en utilisant des traverses et des poutres principales en bois.

Toujours entretoiser et étréssillonner les étais (ou contre les structures). Ce faisant, former des triangles solidement ancrés.

Sécuriser également les cales.

Ne jamais utiliser de pierres comme matériel d'étagage (risque de rupture).

Chaque étau doit être mis sous contrainte à la fin. Il convient d'éviter une charge dynamique.

Sécurisation des éléments de construction lors du **soulèvement** avec des appareils de levage :

- Toujours sécuriser le chargement, il ne doit jamais bouger spontanément ou de manière incontrôlée
- Convient comme moyens de sécurisation appropriés les piles de bois croisées (voir page 52), les blocs en plastique du domaine du sauvetage et, pour éviter les déplacements latéraux, les tire-câble.
- En alternance, ne soulever que peu et soutenir tout le temps par couches
- Pas touche ! Ne jamais mettre les mains sous la charge en étagant, utiliser des outils

Ne jamais soulever et soutenir la charge en même temps!



Règles lors de l'utilisation du bois

Seules les découpes correctement exécutées garantissent une transmission concluante de la force!

Dimensions et capacité portante

Pour l'étagage, n'utiliser que des bois carrés ou ronds d'au moins 10 × 10 cm, pour l'entretoisement et la consolidation, utiliser des lattes d'au moins 5 × 10 cm.

Les éléments de construction courts et compacts (par exemple, les panneaux ou les poutres posées à plat) ne sont chargés que sous pression et peuvent être facilement dimensionnés. En revanche, les étais en bois longs et minces se rompent par flambage avant que la résistance à la compression de la section transversale du bois ne soit atteinte. Il n'est pas possible d'effectuer un calcul simple. Des tableaux ad hoc sont à la disposition de l'utilisateur (voir tableau 6 ci-dessous).

Diamètre ou longueur de l'arête	Charge de compression admissible des étais en bois rond ou équarri en kg par rapport à une longueur de						
	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m
8 cm	1200	800	550	440	300	250	200
10 cm	2700	1900	1300	1000	800	600	500
12 cm	4600	3700	2800	2100	1600	1200	1000
14 cm	7000	6000	4900	3800	2900	2300	1900
16 cm	9700	8600	7400	6200	5000	3900	3200
18 cm	13000	11700	10400	9000	7000	6300	5100
20 cm	16800	15200	13800	12200	10800	9300	7800

Attention : Pour le bois équarri de forme non carrée, c'est toujours la longueur de l'arête la plus courte qui s'applique. Avec du bois frais, la résistance est réduite d'environ **30%** !

Tab. 6 : Charge de compression admissible des étais longs, minces, ronds ou équarris en bois de résineux (le flambage est déterminant)

Charge de compression admissible des éléments courts et compacts en bois de conifères (flambage non décisif) :

- Charge admissible perpendiculaire à la fibre : $2,0 \text{ N/mm}^2$ (20 kg/cm^2)
- Charge admissible le long de la fibre : $8,0 \text{ N/mm}^2$ (80 kg/cm^2)

Comme il est souvent difficile d'estimer la force agissant en présence de mesures d'étagage improvisées, il est compliqué de déterminer la dimension d'un étau en bois à l'aide d'une table de charge. Dans ces cas, la **FEMA** (Federal Emergency Management Agency = protection civile américaine) a mis au point une **règle empirique** simple pour le dimensionnement des étais en bois équarri. Elle repose sur l'idée selon laquelle les étais en bois doivent être dimensionnés au moins à un point tel que le « système d'alerte précoce du bois » indique une surcharge (craquements dus aux fissurations résultant de la rupture de fibres de bois faibles) avant que l'étau ne se rompe :

$$L_{\text{Cote}} \leq x_{\text{arête}} \times 25$$

Longueur maximale de flambage d'un étau $\leq$ longueurs des arêtes (côté le plus court) $\times 25$

La longueur de flambement est généralement identique à la longueur de l'étau. Exemple : une pièce de bois équarrie d'une section de $10 \times 10 \text{ cm}$ peut être utilisée jusqu'à une longueur **maximale** de $10 \text{ cm} \times \text{facteur } 25 = 250 \text{ cm}$. Des étais plus longs ayant les mêmes dimensions de la section transversale peuvent se rompre sans avertissement.

Attention : il s'agit d'une **règle empirique pour les cas d'urgence**. Elle n'est ni scientifiquement prouvée ni ne correspond à une norme officielle!

L'annexe, page 85, contient des tableaux supplémentaires pour le dimensionnement des bois équarris et ronds normalisés de la classe de résistance C24.

Moyens d'assemblage, de fixation ou de d'étrésillonnement des éléments en bois

Dans le cas des assemblages en bois, il convient de distinguer s'ils servent uniquement à positionner l'étrépage ou à transmettre des forces statiques porteuses.

Dimensions d'un taquet :

- Longueur : au moins $2 \times$ la largeur de l'étré (côté le plus large).
- Largeur : identique à celle du support en bois.
- Hauteur : même hauteur que la hauteur de la tête de l'étré coupée.

Taquet :

Le taquet est une un appui sur un support en bois destiné à absorber les forces de compression d'un étré (généralement incliné).

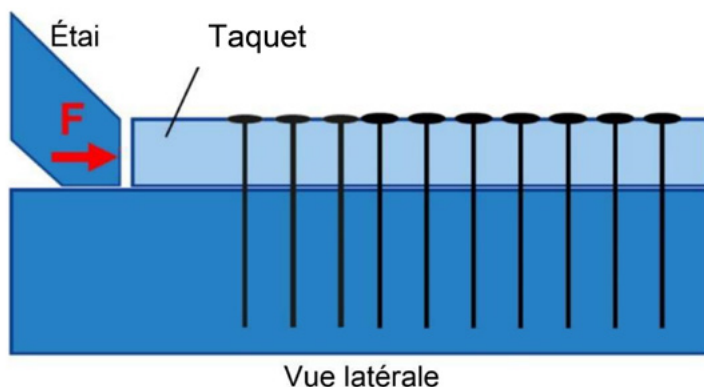


Fig. 29 : Principe de conception d'un taquet (Blockhaus, THW)

Moyens de fixation des assemblages :

- Panneaux en bois lamellé (par exemple à partir de panneaux de coffrage) 30 × 30 cm (carrés et divisés en deux sous forme de triangles) et 15 × 30 cm
- Tôles perforées de la construction en bois
- Clameaux de construction
- Feuillards perforés

Ces moyens sont principalement utilisés pour positionner les assemblages. À des fins de transmission de forces à action statique, ils ne sont autorisés que pour des dispositifs d'étayage simples et de petite taille.

Assemblages en bois avec des vis / clous :

Si possible, visser (visseuse sans fil), ne pas clouer :

- Sans vibrations.
- Convient mieux dans les espaces restreints.
- Facilite les ajustements ou le démontage ultérieurs.

Les vis à tête plate pour panneaux d'aggloméré et les vis à empreinte Torx conviennent parfaitement. Elles font moins se fendre le bois que les vis à tête fraisée.

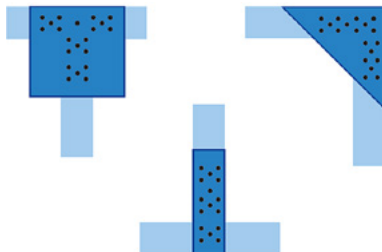


Fig. 30 : Panneaux en bois lamellé pour la fixation d'éléments en bois (Blockhaus, THW)

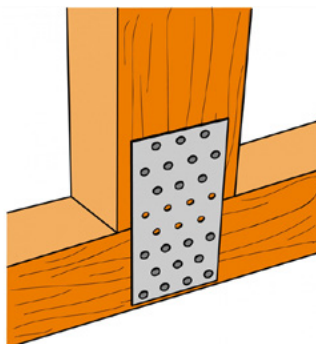


Fig. 31 : Plaques de fixation (Blockhaus, THW)



Fig. 32 : Clameau de construction (Blockhaus, THW)



Fig. 33 : Feuillard perforé (sanitaerschweiz.ch)

Règle empirique pour un plan de vissage ou de clouage avec un taquet :

Le plan de clouage correspond en principe à un cinq, comme les cinq trous d'un dé. Selon les forces en présence, un assemblage est réalisé avec une ou plusieurs séries de cinq.

$\frac{2}{3}$ de la longueur de la vis / du clou se trouvent dans le bois de retenue.

En ce qui concerne la distance au bord, il convient de distinguer entre un bord chargé et un bord non chargé.

Les très gros bois équarris peuvent également être vissés de bout en bout à l'aide de boulons (par exemple des boulons à bois, des tiges filetées) et écrous.

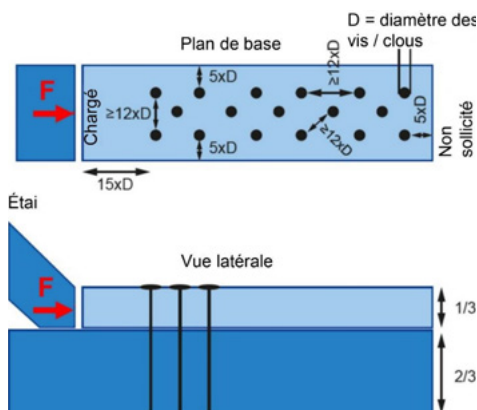


Fig. 34 : Plan de clouage d'un taquet
 (Blockhaus, THW)

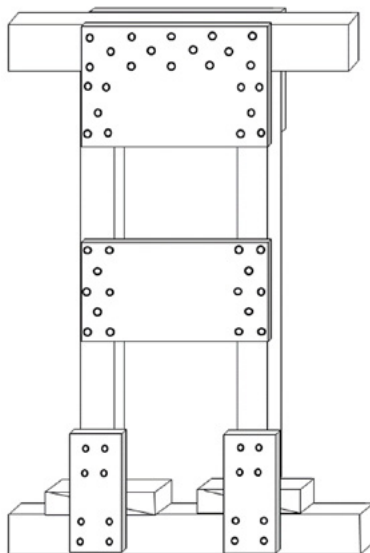


Fig. 35 : Plan de clouage pour le positionnement et l'étrésillonnage d'une charpente linéaire selon le modèle américain (FEMA)

Utilisation de clameaux de construction :

Les clameaux de construction servent aux assemblages sollicités à la traction. Ne pas exercer de pression.

Toujours utiliser par paires de manière à ce que les deux côtés des éléments en bois à assembler soient sécurisés.

Empêcher les déplacements latéraux au moyen de deux clameaux de construction placés obliquement l'une par rapport à l'autre.

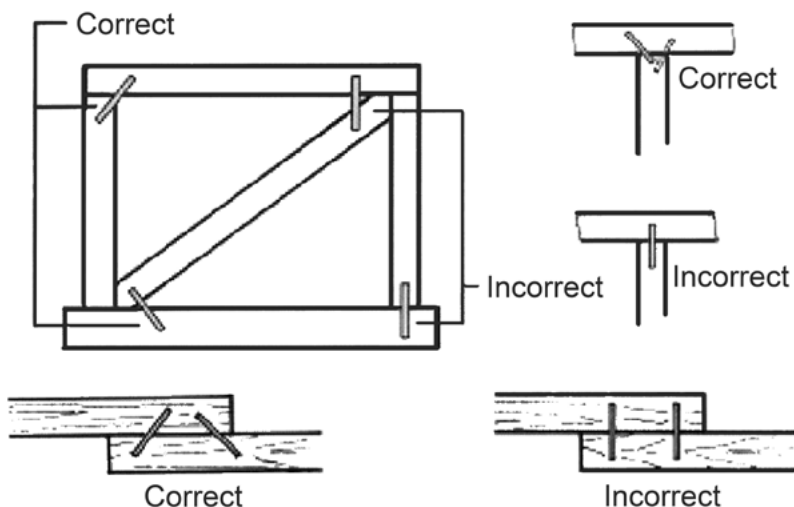


Fig.36 : Montage correct des clameaux de construction (Armée suisse)

Cales en bois :

Les cales en bois sont utilisées pour étrésillonner les étais en bois (adhérence), pour compenser les différences de hauteur ou pour adapter les dispositifs d'échafaudage aux surfaces inclinées.

Avec un rapport hauteur/longueur de 1:10, elles sont autobloquantes et fournissent une force de serrage suffisamment élevée. Les dimensions standard pour les échafaudages sont $L \times l \times H = 300 \times 100 \times 40$ mm. Si le bois équarri est employé par défaut, la largeur des cales devrait correspondre à celle du bois équarri.

Les cales en bois doivent être fabriquées à partir de bois dur.

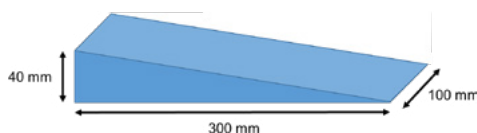


Fig. 37 : Dimensions d'une cale en bois

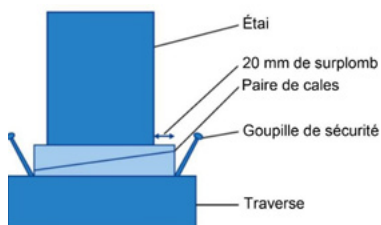


Fig. 38 : Etrésillonnement d'un étau avec une paire de cales (Blockhaus, THW)

Pour étrésillonner un étau, il faut toujours utiliser deux cales superposées par paires. Elles doivent être au moins aussi larges que l'étau (pour les bois équarris larges, utiliser le cas échéant deux paires de cales l'une à côté de l'autre).

Toujours sécuriser les cales !

Le calage doit assurer une transmission optimale de la force. Les cales avec vide d'air ne sont pas adaptées. Pour les éviter, la hauteur des cales doit déjà être prise en compte lors de la découpe de l'étau.



Fig. 39 : Positionnement correct et incorrect des cales (Blockhaus, THW)

Systèmes d'étayage «shoring»

Généralités

Selon la situation et le matériel disponible, il est possible de réaliser un grand nombre de dispositifs d'étayage différents. Les dispositifs les plus courants sont présentés, expliqués et complétés par des exemples dans ce qui suit.

Les dispositifs en bois servent de base. Ils sont traités plus en détail. Le principe de réalisation des systèmes d'étayage incluant des équipements du secteur de la construction ou du sauvetage est fondamentalement identique. Ces systèmes sont énumérés comme exemples possibles après les dispositifs en bois. Lors de l'utilisation d'équipements commerciaux, les instructions d'utilisation et de sécurité du fabricant doivent être respectées. Elles ne sont pas mentionnées ici. Elles se trouvent dans les modes d'emploi correspondants.

En cas d'utilisation de systèmes d'étayage commerciaux testés, les instructions du fabricant s'appliquent toujours!

En plus des connaissances de base, l'utilisateur dispose ainsi de suffisamment d'informations et d'idées pour pouvoir choisir et construire en cours d'intervention un dispositif d'étayage résistant approprié. En fonction de la situation, les dispositifs peuvent être renforcés, ancrés ou sécurisés d'une autre manière, au gré de l'utilisateur. Outre la compétence technique, la créativité et l'inventivité sont des facteurs décisifs lors d'interventions d'urgence.

En cas d'événement de grande ampleur, par exemple après un tremblement de terre, des équipes de sauvetage non seulement nationales mais aussi internationales sont nécessaires. Les normes applicables à ces interventions internationales sont définies dans les lignes directrices de l'INSARAG (Groupe consultatif international de recherche et de sauvetage), édictées sous l'égide des Nations Unies (ONU). La langue technique des différentes équipes de sauvetage est l'anglais. C'est pourquoi, pour les systèmes d'étayage standard, les désignations anglaises sont indiquées entre parenthèses en plus des désignations françaises.

Étais verticaux («Vertical Shore»)

Dérivation des forces

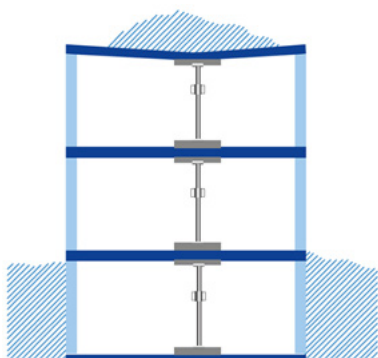


Fig. 40 : Dérivation de la force des bâtiments à plusieurs étages (Blockhaus, THW)

Lorsqu'un étage d'un bâtiment à plusieurs étages est endommagé, les forces doivent être transférées à l'aide d'étais sur tous les étages jusqu'au sous-sol porteur.

En l'occurrence, les dispositifs d'échafaudage doivent être appliqués directement sur les éléments porteurs et placés exactement à la verticale les uns au-dessus des autres.

L'annexe page 86 traite des instruments de dimensionnement, des colonnes ainsi que des instructions de construction pour étayer des bâtiments entiers.

Selon la situation, la mise en place de l'échafaudage peut commencer en haut ou en bas du bâtiment. Si vous commencez par le bas, le risque potentiel d'effondrement du plafond endommagé subsiste jusqu'à la fin. Si vous commencez au sommet, ce risque diminue progressivement lors de l'installation de chaque élément d'échafaudage supplémentaire.

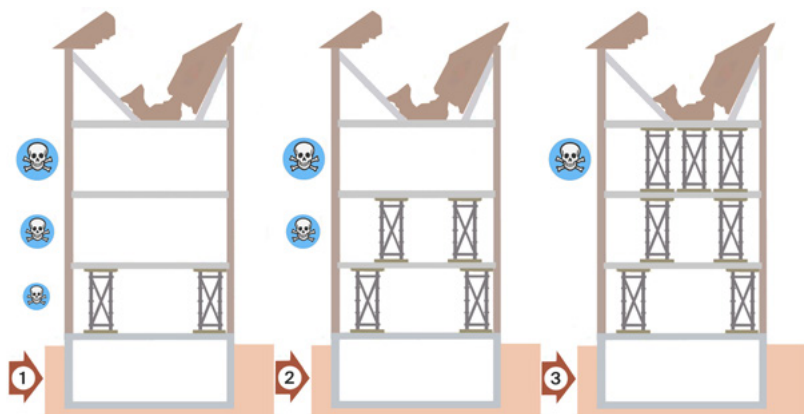


Fig. 41 : Réaliser l'échafaudage de bas en haut (Wellenhofer)

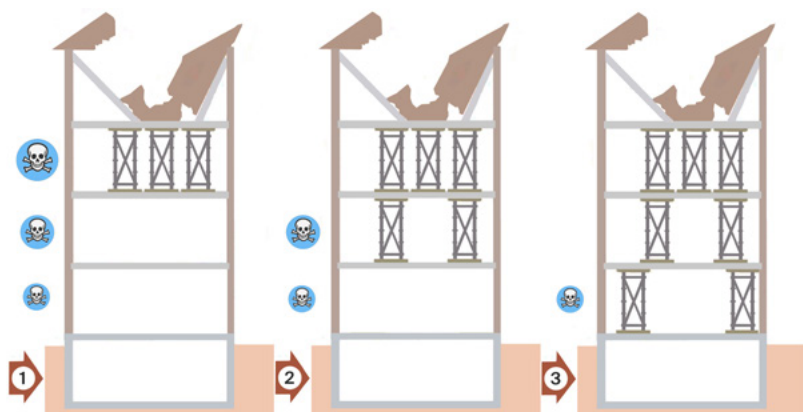


Fig. 42 : Réaliser l'étagage de haut en bas (Wellenhofer)

Dans les grands immeubles à nombreux étages, ces étagages demandent beaucoup de travail. Lors des opérations de sauvetage, ces installations font perdre un temps précieux. C'est pourquoi la FEMA a élaboré une **règle empirique** simple pour les interventions d'urgence :

- Avec des **ouvrages en bois ou en ossature**, un étage intact supporte un étage endommagé
- Dans le **cas d'ouvrages en béton ou en maçonnerie**, deux étages intacts soutiennent un étage endommagé

Attention : il s'agit d'une **règle empirique pour l'intervention en cas d'urgence** et elle n'est pas scientifiquement prouvée ! Elle ne tient pas compte d'une charge supplémentaire exercée par des décombres ou des gravats sur le plafond endommagé ! Il est important que la dérivation de la force soit répartie sur une surface aussi grande que possible et que l'on évite les perforations.

Les étais doivent toujours être mis à contribution de manière verticale et **centrée**. En cas de charge excentrique, la capacité portante des étais diminue considérablement.



Étais isolés verticaux «T-Shore»

Étais isolés en bois

La traverse et la poutre principale doivent avoir une longueur d'au moins **5 x la largeur du bois équarri**.

Pré-assembler l'étais avec la poutre de plafond sur le site de montage. En présence de bois équarri rectangulaire, il faut toujours positionner la poutre de plafond de chant (meilleure résistance à la flexion).

Après le calage, sécuriser les cales et fixer également l'assemblage de l'étais et de la traverse.



Fig. 45 : Étais vertical en bois
(Blockhaus, THW)

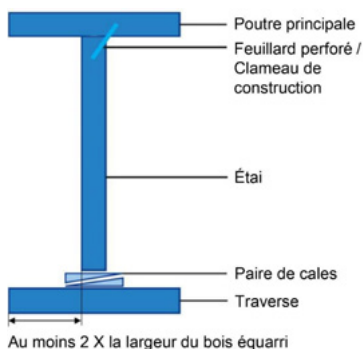


Fig. 43 : Construction d'un étais isolé vertical en bois (Blockhaus, THW)

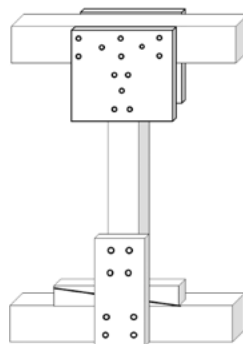


Fig. 44 : T-Shore (FEMA)

Étais isolés du secteur de la construction et du sauvetage (exemples)



Fig.46 : Étais isolés du secteur de la construction (Blockhaus, THW)



Fig.47 : Étai isolé du secteur du sauvetage (Paratech)

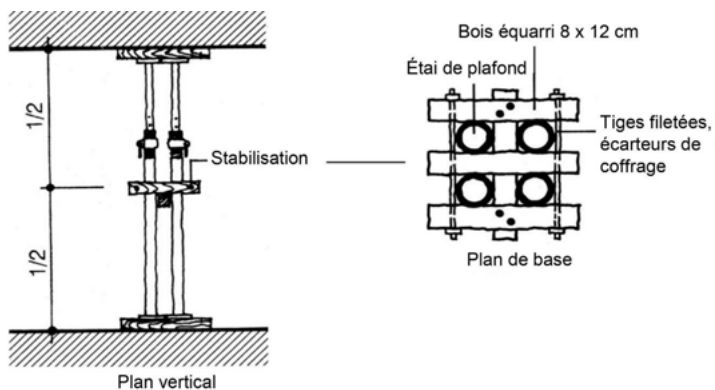
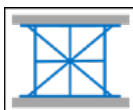


Fig. 48 : Principe de conception d'un étau de plafond pour charges lourdes, composé de quatre éléments métalliques (Armée suisse)

Si la charge admissible d'un étau de plafond métallique n'est pas connue, il est possible d'utiliser l'outil de dimensionnement de l'**annexe**, page 84ss.



Fig. 49 : Support très dangereux et inutilisable pour une dalle en porte-à-faux
(Chaîne suisse de sauvetage)



Charpentes planes verticales («N-Post Vertical Shore»)

Charpente plane en bois

La traverse et la poutre principale doivent dépasser des deux côtés d'au moins **2 x la largeur du bois équerri**.

Si possible, prémonter les étais avec les poutres principales au poste de préparation. S'il s'agit de bois équerri rectangulaire, monter

systématiquement la poutre principale de chant (meilleure résistance à la flexion).

Après le calage, sécuriser les cales et fixer également l'assemblage des étais et de la traverse.

Relier les étais au milieu si possible avec une pince. La longueur de flambage des étais peut ainsi être réduite.

Consolider la construction avec des entretoises diagonales. Ce faisant, boulonner / clouer les entretoises avec la traverse, la poutre principale et les étais.

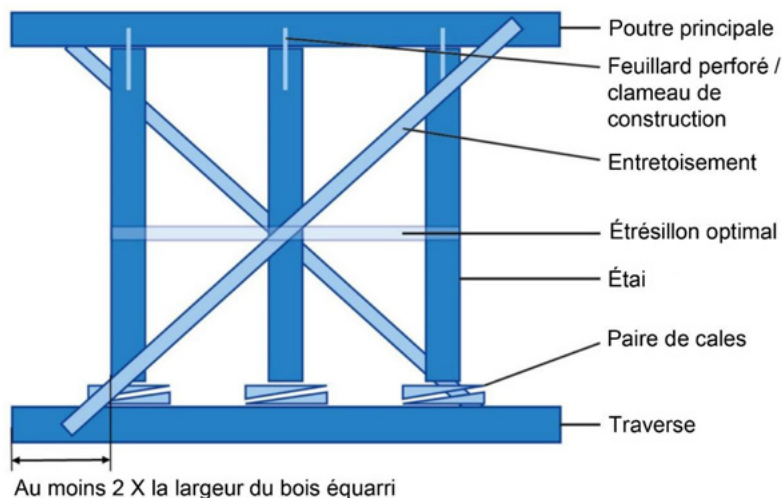


Fig.50 : Construction d'une charpente plane verticale en bois (Blockhaus, THW)

La capacité de charge totale est la somme de tous les étais.

Si un passage ouvert est nécessaire pour une charpente plane (par exemple pour des opérations de sauvetage), la structure porteuse peut être consolidée avec un entretoisement en A au lieu de deux diagonales croisées.

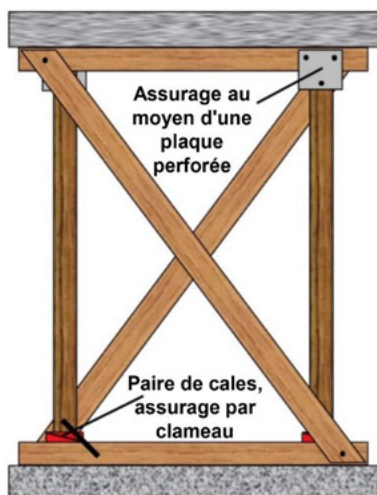


Fig.51 : Construction simple avec deux étais



Fig. 53 : Consolidation d'une charpente plane avec un entretoisement en A

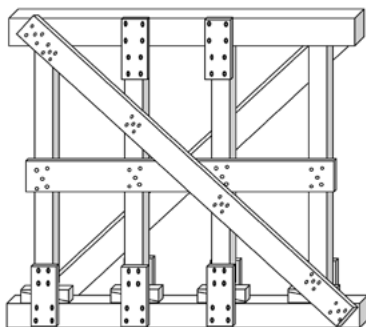


Fig. 52 : Construction avec quatre étais (FEMA)



Fig. 54 : Exemple d'une charpente plane en bois (FEMA)

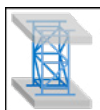
Charpente plane au moyen de matériel du secteur de la construction et du sauvetage (exemples)



Fig. 55 : Charpente plane verticale avec système d'étais du secteur de la construction (OFPP)



Fig. 56 : Charpente plane avec système d'étais du secteur du sauvetage



Charpentes verticales tridimensionnelles

Charpentes tridimensionnelles en bois

Principe de conception :

La façon la plus simple de créer une charpente tridimensionnelle : relier deux charpentes planes avec deux entretoises diagonales.

La stabilité de la construction peut être encore accrue par la fixation supplémentaire de raidisseurs et d'étrésillons.

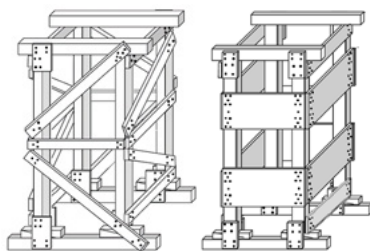


Fig. 58 : Charpentes verticales tridimensionnelles en bois selon le modèle américain (FEMA)

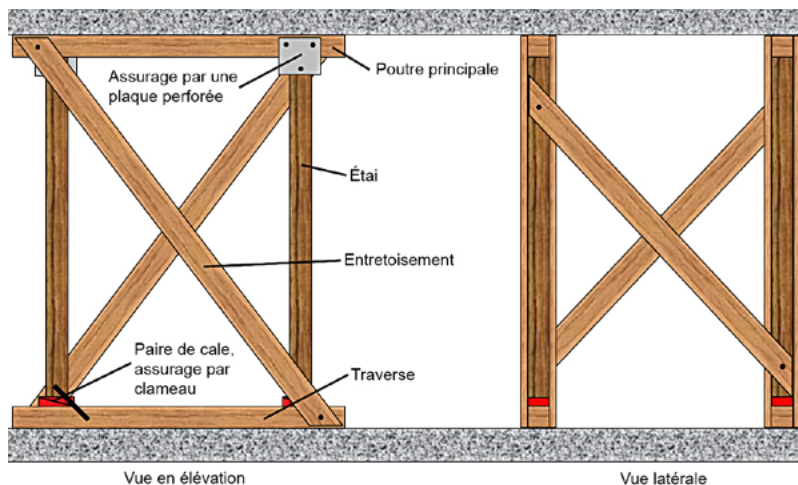


Fig. 57 : Construction d'une charpente verticale tridimensionnelle en bois

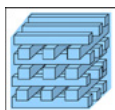


Fig. 59 : Exemple d'une charpente verticale tridimensionnelle en bois

Charpentes tridimensionnelles avec des équipements du secteur de la construction (exemples)



Fig. 60 : Charpentes verticales tridimensionnelles constituées d'un système d'étais et de matériel d'échafaudage



Pile de bois croisée («cribbing»)

Généralités

Un calage en croix est constitué de bois équarris empilés en croix les uns sur les autres. Les piles de bois croisées font systématiquement partie des charpentes verticales tri-dimensionnelles. Cependant, elles peuvent également être construites de manière légèrement oblique.

La réalisation d'une pile de bois croisée est très simple et ne nécessite pas une grande habileté manuelle. En outre, il faut un équipement minimal. Une pile de bois croisée peut néanmoins supporter d'énormes charges.

Ainsi, en particulier dans les situations d'urgence, la pile de bois croisée demeure probablement le système d'étagage le plus simple et souvent le meilleur. Toutefois, il convient de respecter certaines règles techniques.

Règles techniques

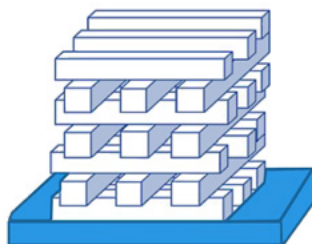


Fig. 61 : Pile de bois croisé réalisée avec du bois équarri 3 x 3

La pile de bois croisé doit être posée sur une base stable. Si nécessaire, il convient d'installer d'abord un support en bois sur toute la surface.

Le bois équarri est généralement empilé en couches décalées de 90°.

Maintenir une saillie **latérale de sécurité de 1 x la largeur du bois équarri**.

La charge est transférée sur les surfaces des points de croisement et le bois est chargé sous pression perpendiculairement à la fibre. Les points de croisement doivent donc se trouver exactement à la **verticale** les uns sur les autres afin d'assurer une transmission optimale des forces.

Toujours **poser à plat** le bois rectangulaire. Une plus grande surface de croisement augmente la résistance à la compression et permet le transfert d'une plus grande charge. La stabilité au basculement de chacune des pièces de bois équarri est également améliorée.

Toujours maintenir un **rapport côté/hauteur** d'au moins **1:3**, de préférence **1:1** (principe du cube).

Ne pas construire de «tours» instables et vacillantes !

Les piles de bois équarri conviennent jusqu'à une hauteur d'environ un mètre. Il est possible de créer des piles plus élevées, mais elles nécessitent beaucoup de bois.



Fig. 62 : Exemple d'une pile de bois croisée instable (Regina Wenk)



Fig. 63 : Exemple d'une pile de bois croisée instable (Regina Wenk)

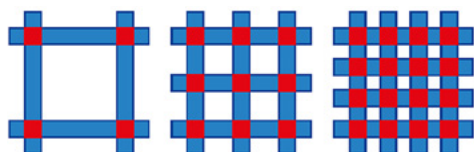


Fig. 64 : Pile de bois croisée avec 2×2 , 3×3 et 4×4 unités équarries (Blockhaus, THW)

La forme de base est la méthode 2×2 avec deux pièces de bois équarries par couche (4 points d'absorption de la charge). Pour les bois équarris en résineux d'une section de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$, chaque point peut absorber une charge de 2000 kg ($10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 20 \text{ kg cm}^2 = 2000 \text{ kg}$). L'ensemble de la pile de bois croisé peut donc supporter une charge de 8000 kg .

Pour les charges lourdes, il est possible d'installer plus de deux éléments de bois équarri par couche, par exemple 3×3 ou 4×4 . Pour les charges très élevées, il arrive même que des couches de bois équarri doivent recouvrir toute la surface. Sur un sol mou, la première couche est souvent posée sur toute la surface. Même en cas de pose sur toute la surface, il faut toujours disposer les couches de manière croisée et décalée !

Selon la situation, on peut utiliser non seulement des formes rectangulaires mais aussi d'autres formes de base (parallélogramme, trapèze, etc.). Toutefois, la règle du rapport côté/hauteur doit toujours être respectée. Le principe du côté le plus court s'applique alors aussi toujours.

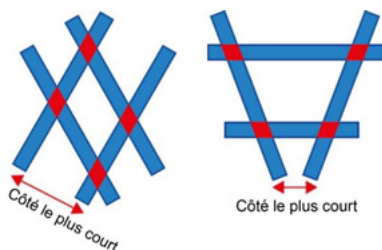


Fig. 65 : Formes spéciales de piles de bois croisée (Blockhaus, THW)

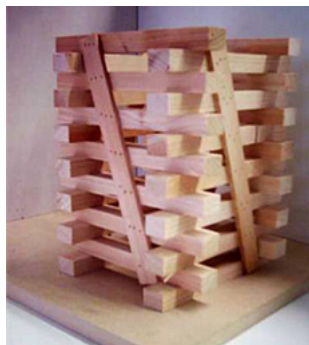
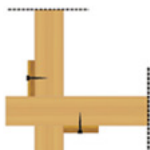


Fig. 66 : Sécurisation des piles de bois croisées

Si possible, sécuriser les piles de bois croisées contre le glissement sous l'action des forces horizontales par des entretoisements diagonaux à l'aide de planches/feuillards d'acier perforés ou par la fixation de lattes dans les coins. Ces mesures de sécurisation sont **essentiels** en cas **d'intervention suite à un tremblement de terre** et en présence de piles **inclinées** de bois croisé!



Avec les piles de bois croisées, même des charges légèrement inclinées peuvent être supportées dans une mesure limitée. Les points suivants doivent toutefois être respectés :

- Si possible, créer un dispositif d'appui incliné au point de base et construire ensuite normalement la pile de bois transversale.
- Maintenir les surfaces de contact, éviter les charges ponctuelles. Utiliser des cales.
- Selon la situation, laisser de côté un bois équarri pour obtenir l'inclinaison nécessaire.
- Le point de passage de la force résultante doit toujours rester à **l'intérieur** de la surface de base ! Idéalement, il ne devrait pas dépasser la **moitié** de la surface de base. Si la ligne de force dépasse la surface de base, la pile de bois croisée peut se renverser !

Les piles de bois croisées ne peuvent pas absorber les forces horizontales!

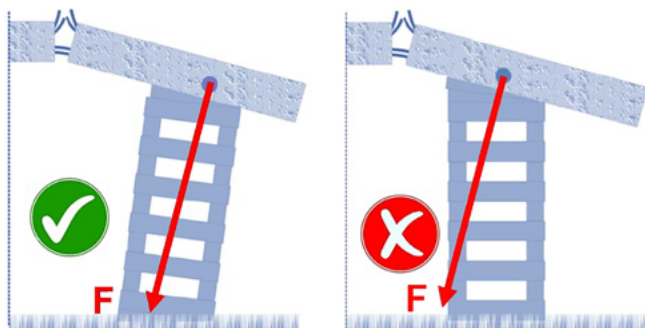


Fig. 67 : Pile de bois croisé pour charges inclinées

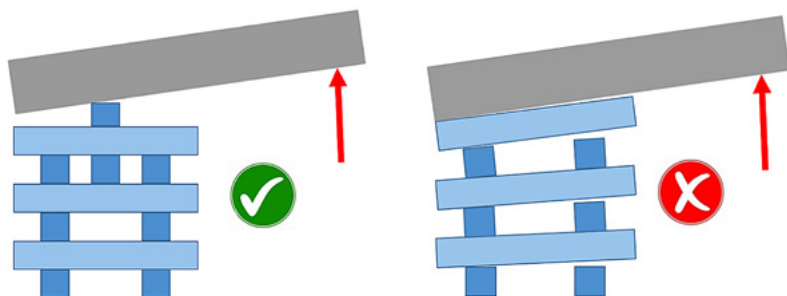


Fig. 68 : Point d'articulation lors du levage de charges

Si la pile de bois croisée est utilisée comme point d'articulation lors du levage de charges avec des palans, le point de pivot doit toujours être situé au milieu. Lorsque l'on tourne la charge au-dessus d'un bord extérieur, la pile de bois transversale devient instable et peut se renverser !



Fig. 69 : Étayage au moyen d'une pile de bois croisé au Pentagone après l'attaque terroriste (FEMA)

Alternatives à la pile de bois croisée

Utilisation de palettes en bois (europalettes)

En cas d'urgence, les europalettes peuvent également être utilisées au lieu de la pile de bois croisée. Elles sont disponibles partout et, avec un poids d'environ 20 kg, peuvent être transportés par une seule personne.

Les points suivants doivent être respectés lors de l'utilisation :

- N'utiliser que des palettes neuves et intactes.
- Les 9 blocs de bois doivent être en bois massif, les blocs de carton comprimé ne conviennent pas.
- La charge ne peut être répartie que sur les 9 blocs. Lors de l'empilage, veiller à ce que ces points d'absorption de la charge soient exactement les uns sur les autres.

- Respecter un rapport idéal hauteur/côté de 1:1, au maximum 3:1 (hauteur maximale de la pile = 2,4 m)
- Protéger les piles de palettes contre le déplacement indésirable à l'aide d'un entretoisement diagonal.

Une pile de palettes correctement disposée peut supporter une charge allant jusqu'à 27 tonnes!



Fig.71 : Exemple d'une pile de palettes correctement disposée (Blockhaus, THW)

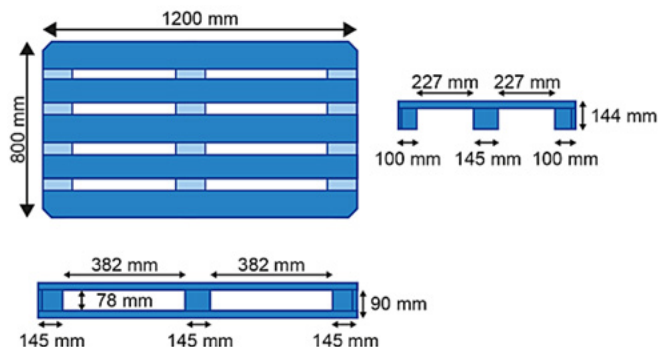


Fig.70 : Dimensions des europalettes (Blockhaus, THW)

Utilisation de piles de bois équarri simples

Lors d'opérations de sauvetage dans des décombres, l'espace est généralement très limité et l'axe d'intervention doit toujours être dégagé pour les sauveteurs et les personnes secourues. Pour des raisons d'espace, il n'est donc pas toujours possible d'effectuer des échafaudages optimaux et sûrs.



Fig.72 : Pièces de bois équarri empilées les unes sur les autres et sécurisées par un entretoisement diagonal

Dans de tels cas, des pièces de bois équarri empilées les unes sur les autres peuvent être utilisées en guise de solution d'urgence comme échafaudages simples. Ce faisant, noter ce qui suit :

- Utiliser du bois équarri aussi long que possible. Il garantit la stabilité contre le basculement, au moins dans un axe.
- Toujours poser à plat le bois équarri (plus solide, plus stable contre le basculement).
- Si possible, toujours maintenir un rapport hauteur/côté de 3:1.
- Toujours sécuriser les piles de bois équarri des deux côtés au moyen d'entretoises diagonales ou de clameaux de construction.
- Si plusieurs piles de bois équarri sont utilisées dans un système d'échafaudage, elles devraient, dans la mesure du possible, être disposées à 90° les unes par rapport aux autres. Cette manière de procéder garantit au moins, en présence de forces horizontales, une stabilité minimale au basculement de l'ensemble du système d'échafaudage (par exemple en cas de répliques).

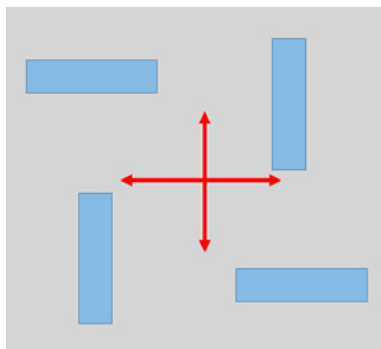


Fig.73 : Piles de bois équarri décalées de 90° (plan)



Fig. 74 : Exemples de piles de bois équarri simples (Regina Wenk)



Étayages horizontaux
«Horizontal Shore»

Règles techniques générales

Pratiquement tous les systèmes d'étayage vertical (étais isolés, charpentes planes et charpentes tridimensionnelles) peuvent également être utilisés pour appuyer à l'horizontale. La conception reste fondamentalement la même.

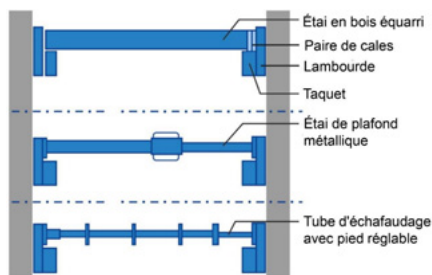


Fig. 75 : Exemples de conception d'étais isolés horizontaux (THW)

Il est important que les étais horizontaux soient en outre sécurisés par des mesures appropriées contre la chute (par exemple en les vissant ou en utilisant des taquets).

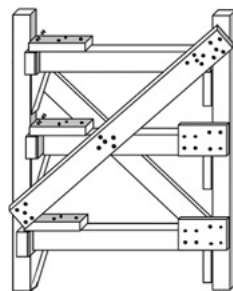


Fig. 76 : Exemple d'une charpente plane horizontale N-Post Shore selon le modèle américain (FEMA)

Structure de poutres à contre-fiches (treillis)

Informations générales

La structure de poutres à contre-fiches est une charpente plane spécialement conçue pour l'étayage horizontal de murs opposés. Le cas échéant, elle est généralement utilisée pour appuyer et sécuriser l'un contre l'autre les murs menacés d'effondrement de deux bâtiments adjacents en cas de défaillance d'un bâtiment dans une rangée de maisons (par exemple après une explosion due au gaz).

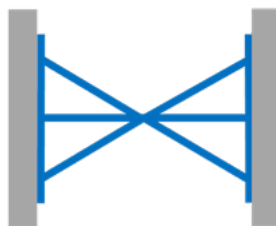


Fig. 77 : Principe de la structure de poutres à contre-fiches (THW)

Principe de construction pour les structure de poutres à contrefiches en bois

La construction est assez compliquée et chronovore. Une utilisation efficace de telles structures en bois requiert dans le tous les cas des charpentiers expérimentés et beaucoup de matériel.

Pour les bâtiments d'une certaine hauteur ou les façades très espacées, une grue ou un chariot télescopique ainsi que des échelles ou, mieux encore, des véhicules à échelle tournante / plateformes élévatrices de travail sont généralement nécessaires.

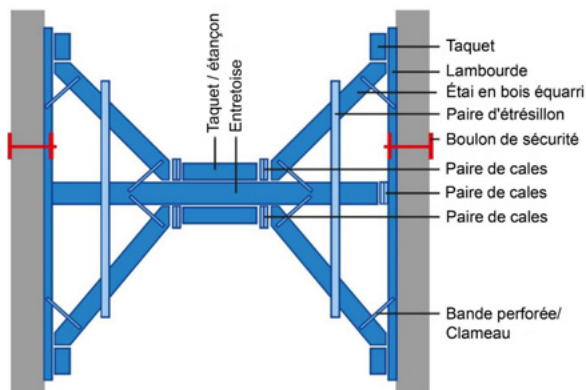


Fig.78 : Principe de conception d'une structure de poutres à contrefiches (Blockhaus, THW)



Fig.79 : Exemple d'une structure de poutres à contrefiches (THW)

Sécurisation des excavations

Dangers et risques



Fig. 80 : Danger d'effondrement des excavations

Lors d'une intervention, il arrive qu'une zone de travail ou de passage soit située dans la zone de danger d'une excavation ou d'une paroi d'excavation. Pour les opérations de sauvetage dans les zones de décombres, une approche tactique consiste à entrer latéralement dans un bâtiment de l'extérieur par le sous-sol. Selon la situation, il convient d'abord de creuser une excavation suffisamment profonde de manière à extraire la paroi extérieure.

Les parois d'excavations raides et non sécurisées représentent un grand danger. Elles peuvent s'effondrer à tout moment et ensevelir les personnes sur place. Le risque est généralement sous-estimé.

Les excavations de construction non sécurisées représentent un danger mortel !



Fig. 81 : Attention, danger mortel! (FEMA)

Le sauvetage de personnes ensevelies dans des excavations effondrées est une opération complexe et dangereuse. Ces opérations de sauvetage ne peuvent être menées que par des services d'intervention spécialisés et **ne relèvent pas de la protection civile !**

Sécurisation des excavations

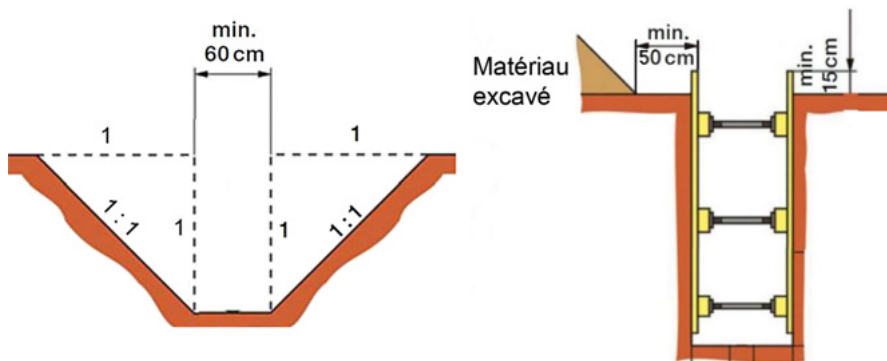


Fig.82 : Sécurisation des excavations

Règles empiriques pour sécuriser les excavations :

Nécessite des compétences techniques. Toujours consulter un expert en construction compétent.

À partir d'une profondeur de **1m**, les parois de l'excavation doivent être soit inclinées à 45° (1:1), soit sécurisées par des étrésillonnements.

La largeur de la fosse doit être d'au moins 60 cm.

Sécuriser les parois droites des excavations sur toute la surface avec des planches de bois, poutres et étrésillons (en nombre suffisant).

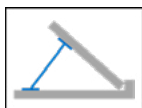
Déposer les matériaux d'excavation à une distance suffisante du bord de l'excavation.

Pas de vibrations ni de machines lourdes dans la zone du bord de l'excavation.

Après l'intervention, les excavations à paroi droite doivent être à nouveau remblayées ou les mesures de sécurisation doivent être vérifiées par des spécialistes et ajustées si nécessaire.

Sécurisation des excavations

Les excavations ne peuvent être sécurisées que par des entreprises de construction ou des formations d'intervention spécialisées désignées et l'accès ne peut y être libéré qu'après autorisation!



**Étaisage des éléments
de construction inclinés
(«Sloped Floor Shore»)**

Règle technique générale

*Méthode d'étaisage vertical ou à
angle droit*

Les éléments de construction inclinés sont comparables à une surface de glissement. Lors de l'étaisage d'éléments de construction inclinés, la force appliquée par l'étais doit donc toujours être telle que l'élément ne puisse ni tomber, ni se rompre, ni glisser.

Selon la position de l'élément de construction et l'état du sous-sol, il convient d'utiliser la méthode **verticale** ou la méthode à **angle droit**. Si la mauvaise méthode est choisie, l'étaisage n'est **pas sûr** !

Méthode verticale
(plaque menaçant de glisser) :

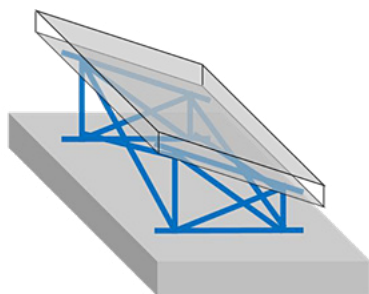
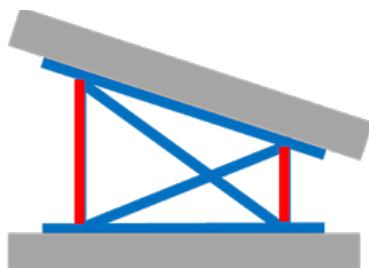


Fig. 83 : Principe d'une charpente tridimensionnelle inclinée selon la méthode verticale (THW)

Si l'élément n'est pas suffisamment protégé contre le glissement ou le déplacement au niveau d'une culée, il doit toujours être étayé comme s'il flottait librement dans l'air. **Seules les charpentes tridimensionnelles** avec des étais montés **verticalement** conviennent à cette fin. Les charpentes planes ou même les étais isolés ne sont pas assez stables et donc inadaptés.

Méthode à angle droit :

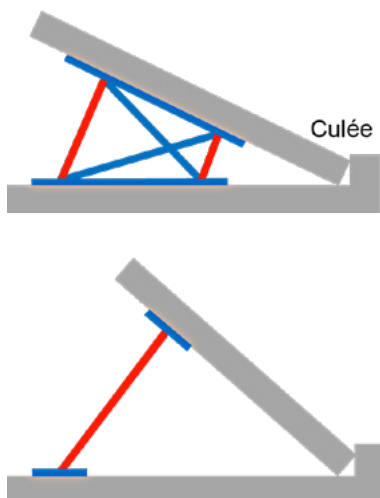


Fig. 84 : Principe des étais inclinés selon la méthode à angle droit (THW)

Si l'élément est protégé contre le glissement au niveau du point de base par une culée, les étais sont toujours montés à **angle droit** par rapport à l'élément à étayer.

Dans ce cas également, les charpentes tridimensionnelles sont les mieux adaptées. Si aucune force latérale n'agit sur l'élément, des charpentes planes ou, exceptionnellement, des étais isolés peuvent également être utilisés.

Positions inclinées sur un seul axe ou sur deux axes

Si la surface portante du système d'étais et la surface de l'élément à soutenir sont inclinées l'une par rapport à l'autre dans un seul axe, les étais peuvent en général être facilement réalisés. Une exception consiste à utiliser des étais de plafond normaux du secteur de la construction, qui sont en fait uniquement destinés à étayer des surfaces parallèles (plafonds). Cependant, ils peuvent également être utilisés de biais (au prix d'un peu d'effort) au moyen d'ajustements avec du bois.

Par ailleurs, dans les couches de décombres, les surfaces sont souvent inclinées l'une par rapport à l'autre sur deux axes non parallèles. Les systèmes d'étais doivent également être adaptés à ces différentes positions inclinées (par exemple en plaçant des cales en dessous).

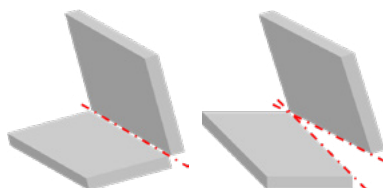


Fig. 85 : Surfaces inclinées l'une par rapport à l'autre uniaxiales et biaxiales

En l'occurrence, les étais utilisés dans le secteur de la construction ou du sauvetage, qui sont munis de patins pivotants et rotatifs, sont parfaitement appropriés. Ces patins peuvent être rapidement adaptées à presque toutes les positions inclinées, à condition qu'ils soient protégés contre le glissement par des mesures appropriées (par exemple en les vissant).

Vu leur utilisation très rapide et facile, ces étais sont particulièrement adaptés comme premiers dispositifs de sécurisation rapide.

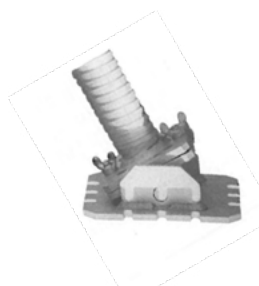
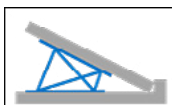


Fig. 86 : Étai avec patins pivotants et rotatifs utilisées dans la construction, pour les échafaudages et les travaux de sauvetage



Étayages avec la méthode à angle droit («Sloped Floor Shore Perpendicular»)

Étais isolés, méthode à angle droit

En général, les étais isolés ne sont pas assez stables pour soutenir des éléments de construction inclinés. Ils ne peuvent être utilisés que dans une mesure limitée et uniquement pour la méthode à angle droit (le talon de l'élément est sécurisé par une culée et ne peut pas se déplacer).

Le cas échéant, les étais isolés peuvent servir de première mesure rapide pour assurer une protection minimale à l'équipe d'intervention lors de l'installation d'une charpente tridimensionnelle.

Étais isolés utilisés dans le secteur du sauvetage (exemple) :

En raison de leur adaptabilité, les étais de sauvetage se prêtent particulièrement comme premiers dispositifs de sécurisation rapide. Ils devraient ensuite être remplacés par des charpentes tridimensionnelles ou planes plus stables.



Fig. 87 : Sécurisation rapide d'un élément de construction incliné à l'aide d'un étai de sauvetage et d'un haubanage latéral au moyen de sangles d'arrimage pour empêcher le déplacement

Charpentes planes et tridimensionnelles, méthode à angle droit

Les charpentes planes sont particulièrement adaptées à la méthode à angle droit (l'élément de construction ne peut pas glisser).

Les charpentes tridimensionnelles sont composées de deux charpentes planes reliées et consolidées.

A n'appliquer que si l'élément de construction ne peut pas changer de position.

Dans la mesure du possible, préparer les éléments de construction au poste de préparation.

Pour les charpentes tridimensionnelles, relier entre elles deux charpentes planes et les consolider au moyen d'entretoises diagonales.

Charpente plane avec des étais du secteur de la construction :

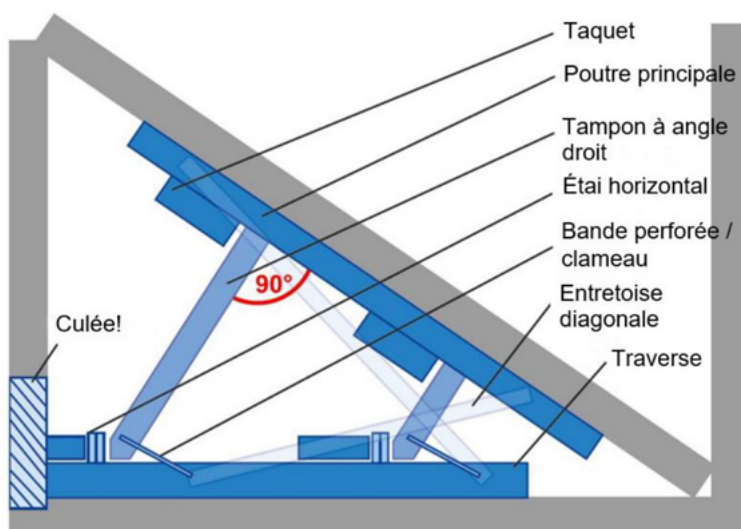


Fig.88 : Principe de construction d'une charpente plane en bois inclinée (méthode à angle droit)
(Blockhaus, THW)



Fig. 89 : Modèle d'une charpente plane inclinée en bois (méthode à angle droit) (Blockhaus, THW)



Fig. 90 : Charpente plane inclinée avec système d'étaisage du secteur de la construction (méthode à angle droit)

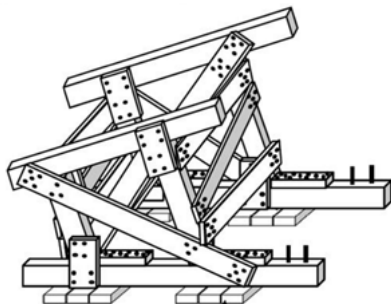


Fig. 91 : Principe d'une charpente tridimensionnelle inclinée en bois (méthode rectangulaire) selon le modèle américain (FEMA)



Fig. 92 : Charpente tridimensionnelle inclinée en bois (méthode à angle droit) (FEMA)



Etagage au moyen de la méthode verticale («Sloped Floor Shore Friction Type»)

Les éléments de construction inclinés qui sont montés de manière si instable qu'ils pourraient potentiellement se mouvoir dans toutes les directions ne peuvent être sécurisés qu'en utilisant la méthode verticale. Pour pouvoir absorber les forces agissant horizontalement ou obliquement sur l'élément, seule la charpente tridimensionnelle utilisée comme construction de base convient à cet effet. Une charpente

plane individuelle n'est pas assez résistante au basculement.

C'est la raison pour laquelle seule la charpente tridimensionnelle est traitée dans ce qui suit.

Opter toujours pour cette solution lorsque **l'élément de construction risque de changer de position**.

Dans la mesure du possible, préparer les éléments de construction au poste de préparation.

Toujours visser la poutre principale à l'élément de construction (pour éviter que l'élément ne glisse sur le dispositif d'étagage).

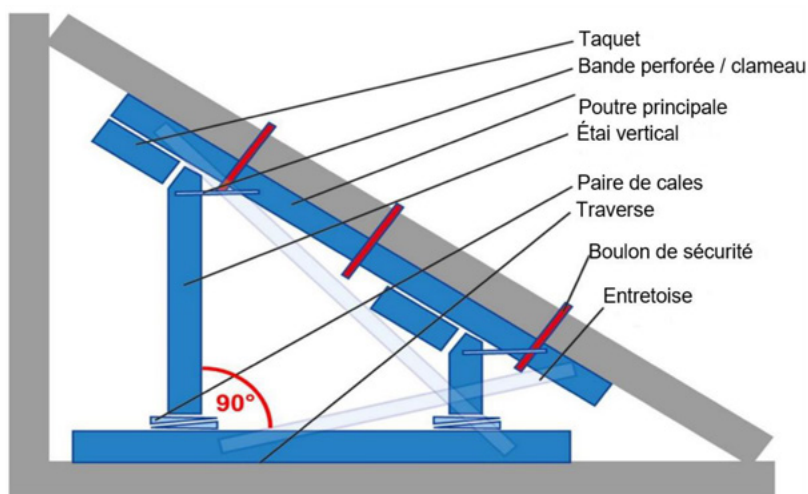


Fig. 93 : Principe de construction d'une charpente tridimensionnelle inclinée en bois (méthode verticale) (Blockhaus, THW)

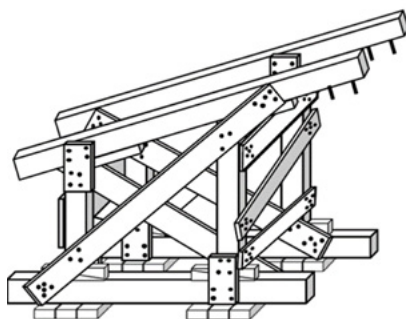


Fig.94 : Principe d'une charpente tridimensionnelle inclinée en bois (méthode verticale) selon le modèle américain (FEMA)



Fig.95 : Charpente tridimensionnelle inclinée en bois (méthode verticale) (FEMA)



Fig.96 : Charpente tridimensionnelle inclinée avec système d'étayage du secteur de sauvetage (méthode verticale) (Paratech)

Etançonnement des murs («Raker Shores»)

Règles techniques générales

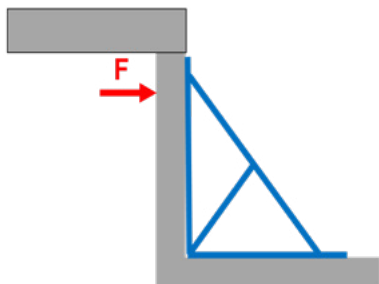


Fig. 97 : Principe de fonctionnement d'un étaisage mural (THW)

Fonction et limites des étançonnements muraux

Les étançonnements muraux servent à

- dériver dans le sous-sol les forces agissant horizontalement sur un mur (par exemple à travers des décombres ou des éléments de construction effondrés) pour empêcher le mur de basculer et de glisser de son dispositif d'appui,
- pour éviter le «bombement» du mur (par exemple dans le cas de murs en maçonnerie) et pour maintenir ainsi la sécurité structurale.

Cependant, le mur doit toujours pouvoir absorber les charges verticales en tant que structure porteuse. S'il est endommagé ou trop sollicité à un point tel qu'il ne peut plus remplir cette fonction, l'étaisage mural **ne sert à rien** ! Dans un tel cas, le **plafond** doit en premier lieu être **soutenu** à l'intérieur pour réduire la charge qui pèse sur le mur !

Selon la situation, les étais de plafond et de mur peuvent être utilisés en combinaison.

Introduction et effets de la force

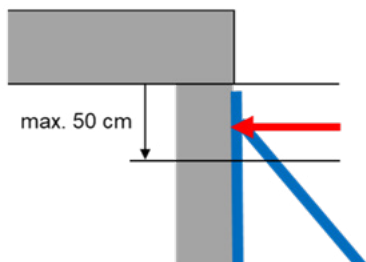


Fig. 98 : Position de l'introduction de la force dans le support

Règle de base pour introduire la force dans l'étrépage :

- Pour les supports de poutrage de plafond : à la hauteur du plafond, mais jamais à plus de 50 cm en-dessous.
- En cas de renflement directement en dessous.

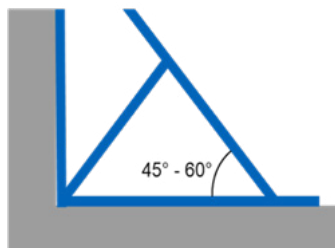


Fig. 99 : Inclinaison de l'étrépage

L'inclinaison de l'étrépage est généralement comprise entre 45° et 60°. En général, les étrépages muraux sont conçus avec une inclinaison de 45° ou 60°. Cela facilite le calcul et la construction de l'ouvrage.

La force de compression horizontale du mur est divisée en deux forces. Une force agit via l'étrépage dans le sol, l'autre force agit verticalement vers le haut (très simplifié, non seulement les forces mais aussi les moments agissent efficacement) le long du mur. Exemple lors d'une inclinaison de 45° : avec une pression sur le mur de 10,0 kN, l'étrépage doit résister à une force de 14,1 kN et une force de 10,0 kN agit verticalement vers le haut.

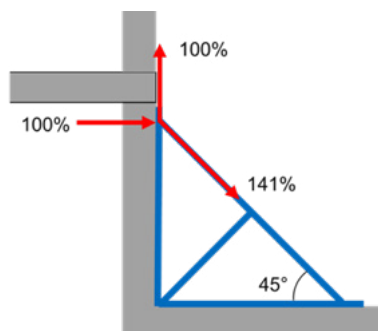


Fig. 100 : Effets de la force sur un étrépage mural incliné à 45°

Si l'étai mural n'est pas protégé contre cette force de glissement vers le haut, il peut glisser vers le haut le long du mur ! Seuls le poids de la construction et la force d'adhérence entre le mur et le montant contrecarrent cette force. En règle générale, les étais muraux sont parés contre ces forces de glissement ascendant en les boulonnant au mur (par exemple avec l'assortiment d'ancrages en béton). Pour éviter les vibrations dangereuses, il est recommandé d'utiliser des couronnes à diamant plutôt que des marteaux perforateurs pour percer les trous.

Formes de base des étaisages muraux

Les charpentes tridimensionnelles ou, lorsque l'espace est limité, les charpentes planes individuelles sont utilisées comme étaisages muraux. Les étais isolés n'offrent pas une sécurité suffisante. Ils sont utilisés tout au plus comme mesure immédiate de sécurisation rapide.

On distingue deux formes de base :

Contrefiche («Flying Raker Shore»)

Étaisage mural simple. Elle est rapidement mise en place, mais moins stable et moins antidérapante qu'un contrefort. Elle est particulièrement adaptée aux terrains accidentés.

Contrefort («Sole Raker Shore»)

Construction très solide de charpentes triangulaires fermées. Nécessite beaucoup plus de temps et convient moins aux terrains accidentés.

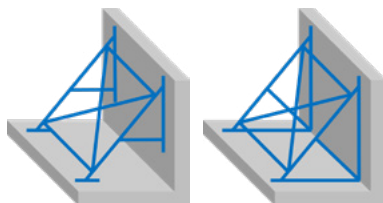


Fig.101 : Formes de base des étaisages muraux : contrefiche et contrefort (THW)



Les contrefiches en tant que charpentes planes ou tridimensionnelles

Contrefiches en bois

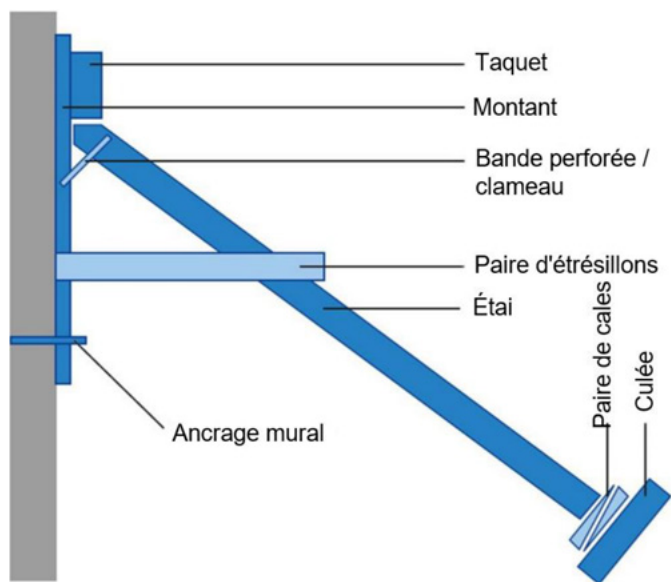


Fig.102 : Principe de conception des contre-fiches en bois (Blockhaus, THW)

Dans la mesure du possible, préparer les éléments de construction au poste de préparation.

Appliquer toujours une entretoise de chaque côté entre l'étais et la lambourde fin de stabiliser l'ensemble et de réduire la longueur de flambage.

Il faut toujours empêcher la lambourde de glisser vers le haut.

Pour les charpentes tridimensionnelles, il convient toujours d'assembler au moins deux charpentes planes et de les consolider en diagonale. Distance entre les étais max. 240 cm.



Fig.104 : Exemple de contre-fiche en bois

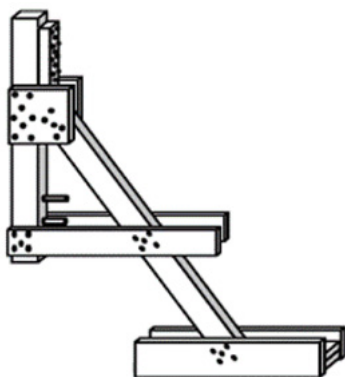


Fig.103 : Principe d'une contre-fiche selon le modèle américain (FEMA)

Contrefichage au moyen d'équipement du secteur de la construction (exemples)



Fig. 105 : Contrefichages simples au moyen d'un système d'étais et d'étais de réglage (sans lambourdes) du secteur de la construction

Contrefichages au moyen d'équipement du secteur du sauvetage (exemples)



Fig. 106 : Contrefichages au moyen d'un système d'étais du secteur du sauvetage



Contrefort comme charpente plane ou tridimensionnelle

Contrefort en bois

Dans la mesure du possible, préparer les éléments de construction au poste de préparation.

Fixer une entretoise à angle droit de chaque côté de l'étais afin de stabiliser l'ensemble et de réduire la longueur de flambage.

Il faut toujours empêcher le montant de glisser.

Pour les charpentes tridimensionnelles, il convient toujours d'assembler deux charpentes planes ou plus et de les consolider en diagonale. Distance entre les étais max. 240 cm.

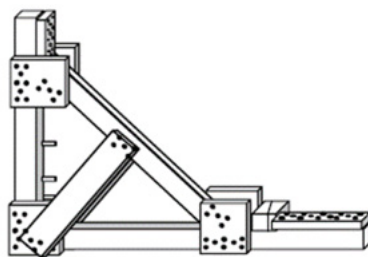


Fig.108 : Principe d'un contrefort à l'américaine (FEMA)

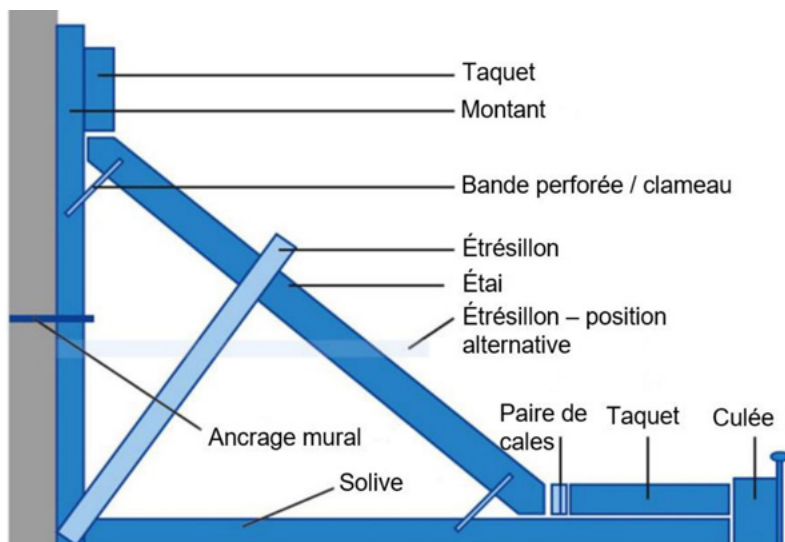


Fig.107 : Principe de conception d'un contrefort en bois (Blockhaus, THW)



Fig.109 : Exemple d'un contrefort en bois avec quatre étais (OPC Thurgovie)



Fig.110 : Assurage insuffisant de la contrefiche sur la solive (Regina Wenk)

Contrefort au moyen de matériel du secteur de la construction (exemples)



Fig.111 : Contreforts à partir d'un système d'étagage et de matériel d'échafaudage (EGS) (THW)

Contreforts au moyen de matériel du secteur du sauvetage (exemples)



Fig.112 : Contreforts combinés avec un système d'étagage du secteur du sauvetage (Paratech / Airshore)

Étayage des ouvertures de bâtiments

Les portes et les ouvertures de fenêtres sont des points faibles dans un mur. Outre les autres mesures de sécurisation, il est donc souvent nécessaire de sécuriser également ces ouvertures.

Selon la situation, le bois, le matériel du secteur de la construction ou du secteur du sauvetage peuvent être utilisés à cette fin. Le type de construction dépend de la nécessité ou non d'utiliser les ouvertures comme des passages. Les ouvertures de sauvetage devraient avoir une taille minimale de 60 x 60 cm.

Des forces non seulement verticales mais aussi horizontales peuvent agir sur ces ouvertures. Dans la pratique, il s'est donc avéré judicieux d'étaier les ouvertures non seulement verticalement mais aussi, en combinaison, horizontalement. Dans ce qui suit, seule cette méthode combinée sera décrite.

Étayage / étrésolement combiné au moyen de bois

Principe de conception :

La précision des travaux est une condition préalable importante pour la sécurité de la construction en termes de portance et de défaillance.

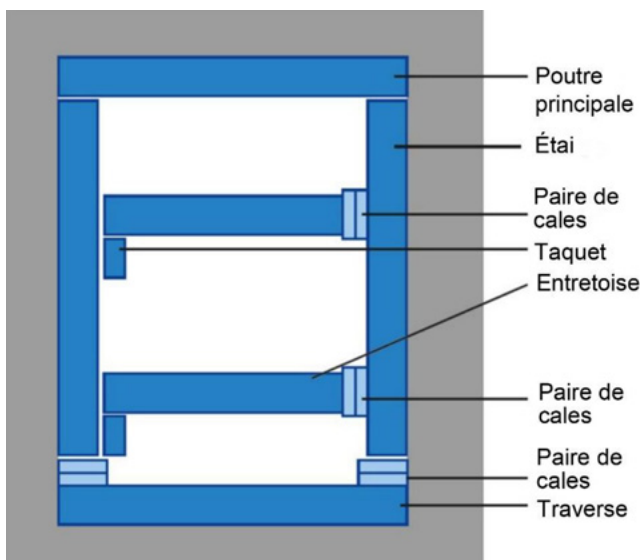


Fig.113 : Principe de conception : Étayage / étrésolement combiné d'une ouverture de mur au moyen de bois (Blockhaus, THW)

Préparer au poste de préparation, montage sur place.

Dans les bâtiments plus récents, les cadres des portes et des fenêtres sont généralement équipés de mousse de construction. La mousse souple ne garantit pas un assemblage solide. Dans ce cas, les interstices souples doivent être comblés par des éléments porteurs (par exemple des planches, des cales en bois).

Veillez toujours à ce que les étais horizontaux ne puissent pas tomber (par exemple, au moyen de taquets, de clameaux de construction, etc.)

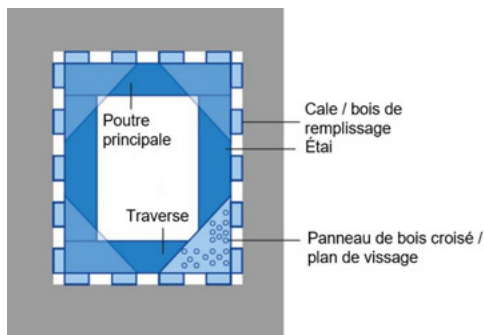


Fig. 114 : Montage d'une charpente préfabriquée en bois (Blockhaus, THW)

Les ouvertures peuvent également être sécurisées à l'aide de cadres préfabriqués. Les cadres préfabriqués sont ensuite bloqués dans l'ouverture au moyen de bois de remplissage et de cales en bois.

Étaisages improvisés

En cas d'urgence, il n'y a pas toujours assez de matériel d'étaisage (bois, systèmes d'étaisage) à disposition. En l'occurrence, il convient de faire preuve de créativité en travaillant avec du matériel disponible sur la place sinistrée (par exemple, du bois provenant des décombres, des briques, des pierres, des charpentes métalliques, etc.)



Fig. 115 : Exemple d'étaisage improvisé : pneus remplis de pierres, protégés contre le déplacement latéral par des sangles d'arrimage et bloqués par des coussins de levage (Chaîne suisse de sauvetage)

Annexe

Charges volumiques et de surface

Matériel de construction	Charge volumique kg/m ³
Acier de construction	7'800
Béton armé	2'500
Béton non armé	2'200
Bois de résineux	500
Bois de feuillu	800
Maçonnerie en pierre naturelle	2'700
Maçonnerie en briques	1'800
Maçonnerie en pierre de ciment	2'200
Maçonnerie en pierre calcaire	2'000
Béton cellulaire	700
Revêtements bitumineux	2'400
Sable	2'000
Gravier	1'800
Terre humide	2'100
Neige mouillée	400
Toitures, revêtements	Charge de surface kg/m ²
Tôles profilées en acier, épaisseur 0,8 mm	12
Toit en fibro-ciment, double toit	30
Toit en tuiles de terre cuite	65
Vitrage, y compris la construction du cadre	35

**Détermination de la charge admissible des étais de plafond métalliques
(extrait du manuel de construction de l'armée suisse)**

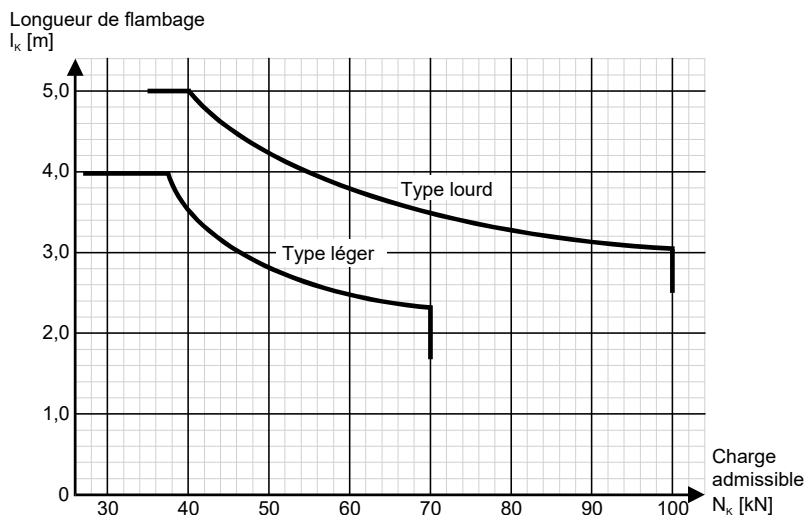


Fig. 116 : Diagramme pour déterminer la charge admissible des étais de plafond métalliques

Exemple d'application pour le diagramme (Fig. 116) :

Exercice Détermination de la charge admissible des étais
de plafond métalliques de type léger

Hauteur
d'étrésillonnement : $l_k = 2,40$ m

Résultat : $N_k = 65$ kN de charge de flambage
(La perforation n'est pas décisive
pour les étais de plafond métalliques
disponibles dans le commerce)

Capacité de charge du bois de construction C24

Charges admissibles pour poutres C24 en t ¹⁾														
La/ha cm	F cm ²	Portée entre appuis en m												
		0.5	0.8	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
8/12	96	8.01	7.45	6.89										
10/10	100	8.50	8.10	7.76										
10/12	120	10.2	9.72	9.31	5.39									
10/16	160	13.6	13.0	12.4	7.18	4.97								
12/12	144	12.2	11.9	11.6	8.25	6.07								
12/16	192	16.3	15.9	15.5	11.0	8.09	5.97							
14/14	196	16.7	16.5	16.1	13.0	10.3	7.90	6.09						
16/16	256	21.8	21.7	21.3	18.4	15.7	12.6	10.0	7.96	6.45	5.32			
16/22	352	29.9	29.9	29.4	25.3	21.6	17.4	13.7	10.9	8.87	7.31	5.19		
18/18	324	27.5	27.5	27.3	24.4	21.9	18.6	15.2	12.3	10.1	8.35	5.97		
20/20	400	34.0	34.0	34.0	31.0	28.7	25.4	21.6	18.0	14.9	12.4	8.96	6.72	5.22
22/22	484	41.1	41.1	41.1	38.4	36.2	33.1	29.1	24.9	21.0	17.7	12.9	9.72	7.57
24/24	576	49.0	49.0	49.0	46.4	44.2	41.3	37.5	33.0	28.4	24.3	17.9	13.6	10.6
26/26	676	57.5	57.5	57.5	55.1	53.0	50.2	46.6	42.0	37.0	32.2	24.1	18.4	14.5

Charges admissibles pour bois ronds C24 en t ¹⁾														
Ø cm	F cm ²	Portée entre appuis en m												
		0.5	0.8	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
10	78.5	6.60	6.21	5.83										
12	113	9.61	9.21	8.86	5.37									
14	154	13.1	12.8	12.4	8.92	6.60								
16	201	17.1	16.9	16.5	13.2	10.4	7.97	6.14						
18	254	21.6	21.6	21.2	18.0	15.2	12.1	9.51	7.56	6.12	5.04			
20	3.14	26.7	26.7	26.4	23.3	20.6	17.2	13.9	11.2	9.13	7.55	5.38		
22	380	32.3	32.3	32.2	29.1	26.6	23.1	19.3	15.8	13.0	10.8	7.78	5.83	
24	452	38.5	38.5	38.5	35.4	33.0	29.7	25.6	21.5	17.9	15.0	10.9	8.17	6.35
26	531	45.1	45.1	45.1	42.3	40.0	36.8	32.7	28.1	23.9	20.2	14.7	11.1	8.68
28	616	52.3	52.3	52.3	49.6	47.4	44.4	40.4	35.7	30.8	26.4	19.5	14.8	11.6
30	707	60.1	60.1	60.1	57.6	55.4	52.5	48.7	43.9	38.7	33.6	25.2	19.2	15.1
32	804	68.4	68.4	68.4	66.0	63.8	61.1	57.4	52.8	47.4	41.8	31.9	24.6	19.3

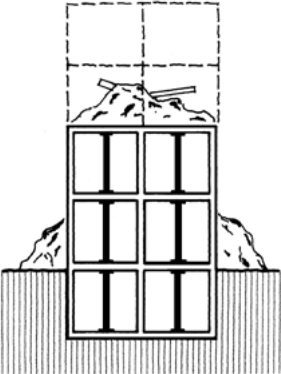
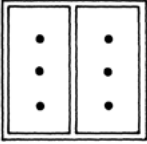
1) Attention

- Les charges admissibles ci-dessus ne s'appliquent qu'au bois séché à l'air!
- Les charges admissibles ne seront que de 60 % de celles indiquées dans le tableau (facteur 0.6) pour du bois mouillé (exposé aux intempéries) ou coupé frais (bois vert)!

Fig.117 : Diagramme pour déterminer la charge du bois de construction C24
(Extrait du règlement 62.062 «Assortiment engagement décombrés» de l'Armée suisse)

Aides au dimensionnement pour l'étaisage des bâtiments
(extrait du manuel de construction de l'Armée suisse)

Dimensionnement des étais provisoires :

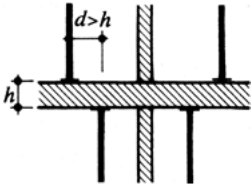
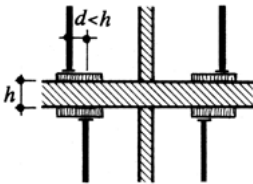
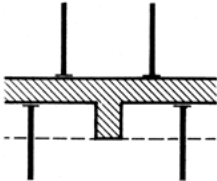
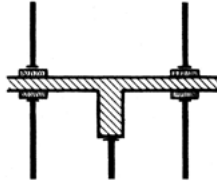
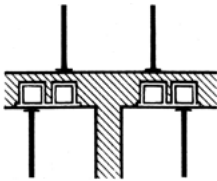
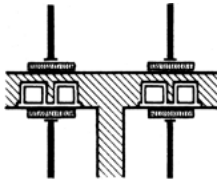
Type de bâtiment	Étais provisoires		Disposition
Bâtiments commerciaux et industriels en béton armé Taille de la pièce : > 35 m ² Hauteur de la pièce : 2,5 – 4,0 m (charge utile 500 kg/m ²)	Etages 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (dimensions en cm)	Grille d'étaisage 2 × 2 m 3 × 3 m ø 16 ø 18 ø 16 ø 20 ø 18 ø 22 ø 20 ø 24 ø 20 ø 26 ø 22 ø 28 ø 22 ø 30 ø 24 – ø 24 – ø 26 – (dimensions en cm)	Coupe : 
Immeubles d'habitation et administratifs en brique ou en béton armé Taille de la pièce : < 35 m ² Hauteur de la pièce : < 2,5 m (charge utile 200 kg/m ²)	Etages 1 2 3 4 5 6 (dimensions en cm)	2 × 2 m 3 × 3 m 1 MS 2 MS 1 MS ø 14 2 MS ø 16 ø 14 ø 18 ø 14 ø 20 ø 16 ø 22 (dimensions en cm)	Vue en plan : 

Explications:

Étages:	Nombre d'étages, y compris le sous-sol et le grenier (les étages effondrés doivent être comptés)
Grille d'étaisage:	Distance mutuelle entre les étais temporaires
Diamètre du bois rond (ø):	Au moins ø 16 cm pour les bâtiments commerciaux et industriels, ø 14 cm au minimum pour les immeubles d'habitation et administratifs
Étais de plafond métalliques (MS):	Type <i>léger</i> («Stüper», étrépillons tels que Adria, Bühler), uniquement pour les immeubles d'habitation / administratifs (hauteur de pièce < 2,5 m)

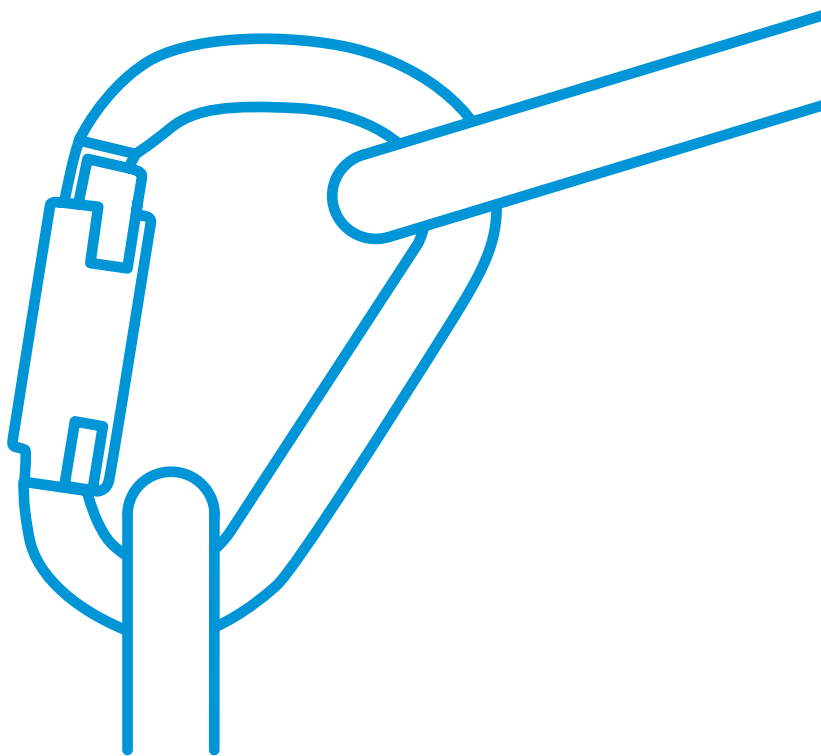
Détails de construction lors du montage de supports provisoires :

Étais : à installer verticalement en les superposant, bien caler et sécuriser contre les chutes. Dévier la charge vers le sol, la plaque de base ou la poutre principale solide et intacte.

Type de plafond	Montage inapproprié de l'étais	Montage propice de l'étais
Plafonds plats et champignon (dalle en béton armé de section pleine, éventuellement précontrainte) Plaque dans deux directions, portées moyennes	Danger de perforation ($h < 20\text{ cm}$) lorsque la force est introduite de manière décalée dans des plaques minces 	– Sous-couche de bois dur au niveau de la tête et du pied de l'étais – Placer les étais verticalement en les superposant 
Plafond de la poutre principale (dalle en béton armé de section transversale mince et poutres principales massives) Plaque porteuse dans le sens court, poutre principale à grandes portées	Risque de perforation d'une fine dalle de béton, étayer le plafond suspendu 	– Soutenir les poutres principales – Enlever le plafond suspendu 
Hourdis, plafonds à caissons (dalle creuse avec poutres en béton et cellules en argile ou en béton léger) Plaque porteuse dans un sens ; portées plus petites	Risque élevé de percée dans les éléments creux du plafond 	– Étayer uniquement les poutres en béton (sonder au marteau) – Seuil de distribution, plaque 

Manuel Pionnier

Sécurité antichute



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division protection civile et formation

Version 2026-02

Tables des matières

5 Généralités

- 5 Utilisation du dispositif de sécurité antichute**
- 5 Mesures de protection contre les chutes**
- 6 Classification des systèmes de sécurité antichute**
- 6 Sécurité antichute
- 7 Travaux sur cordes
- 8 Le sauvetage organisé
- 9 Formation en matière de sécurité antichute**

10 Sécurité

- 10 Accidents causés par une chute : chiffres pour la Suisse**
- 11 Prescriptions de sécurité**
- 13 Règles de base pour les surfaces inclinées**
- 14 Règles de sécurité**
- 15 Règles de sécurité supplémentaires**

16 Compétences de base

- 16 Les trois éléments de base d'une chaîne d'assurance**
- 16 Équipement**
- 16 Généralités
- 18 Vue d'ensemble des normes EN
- 19 Casque
- 20 Ceintures et harnais
- 23 Cordes
- 26 Mousquetons
- 27 Absorbateurs d'énergie
- 27 Équipement supplémentaire pour la sécurité antichute
- 30 Physique de la chute**
- 30 Facteur de chute
- 31 Force de choc
- 33 Distance de dégagement
- 34 Syndrome du harnais (traumatisme de suspension)**
- 35 Principe de la redondance dans la sécurité antichute**
- 36 Principaux systèmes de sécurité antichute**
- 36 Systèmes de retenue
- 37 Systèmes de maintien de la position
- 37 Système d'arrêt des chutes
- 38 Sauvetage improvisé**
- 38 Généralités
- 39 Schéma d'urgence
- 40 Méthodes de sauvetage simples
- 43 Méthodes de sauvetage complexes

44 Règles de sécurité concernant l'utilisation du matériel

- 44 Risques de détérioration
- 46 Chute pendulaire et corde détendue
- 48 Longes
- 48 Assurer à partir d'un point fixe
- 49 Contrôle de sécurité

50 Nœuds

- 50 Généralités
- 50 Nœud de huit
- 51 Demi-nœud de cabestan et nœud de blocage
- 52 Nœud de cabestan
- 52 Double nœud de pêcheur
- 53 Nœud de Machard

53 Ancrages

- 53 Définition d'un ancrage (système d'ancrage)
- 54 Charge de rupture minimale au point d'ancrage
- 55 Choix des points d'ancrage
- 56 Amarrer les longes
- 56 Ancrage à un point
- 58 Ancrage à points multiples

62 Techniques d'assurance

62 Généralités

64 Vue d'ensemble des techniques d'assurance

- 66 Assurance par une seconde personne :
 - assurance en moulinette
- 68 Assurance par une seconde personne :
 - assurance en moulinette avec installation de la corde
- 70 Auto-assurance avec absorbeur d'énergie en Y
- 72 Auto-assurance avec un antichute mobile
- 74 Auto-assurance à la ligne de vie
- 77 Assurance par une seconde personne (assurance en tête)
- 79 Maintenir la position au travail
- 81 Sécurité antichute lors de la pose de lignes aériennes

83 Contrôle du matériel

83 Généralités

83 Contrôle de sécurité de l'équipement

- 83 Fréquence des contrôles et personnel qualifié
- 84 Vérification par l'utilisateur
- 84 Nettoyage et stockage

Généralités

Utilisation du dispositif de sécurité antichute

La protection civile intervient de plus en plus dans des endroits présentant un risque de chute.

Exemples :

- Travaux de remise en état et de sécurisation d'ouvrages et de toits
- Travaux en terrain escarpé
- Montage et démontage de constructions auxiliaires ou de systèmes d'échafaudage
- Sauvetage de personnes dans les décombres

Mesures de protection contre les chutes

Les mesures de protection contre les chutes servent à garantir la sécurité des membres de la protection civile. Les mesures suivantes peuvent être mises en œuvre :

Mesures de protection collective / moyens techniques

- Bouclage de la zone de chute
- Installation de filets de retenue
- Installation d'échafaudages ou de balustrades
- Utilisation de plateformes élévatrices

Mesures de protection individuelle

- Port de l'équipement de protection individuelle contre les chutes (EPI antichute).

Ordre de priorité

En règle générale, il convient de privilégier les mesures de protection collective par rapport aux mesures de protection individuelle !

La mise en place de mesures de protection collective nécessite en général beaucoup de temps et des moyens adaptés aux lieux. Les mesures de protection collective sont à privilégier avant tout lors d'interventions planifiées. Lors de secours en cas de catastrophe, le temps de préparation est généralement restreint, voire inexistant. L'intervention est limitée dans le temps et, le plus souvent, les conditions ne sont pas connues au préalable. Dans de telles situations, le travail ne peut souvent être accompli qu'en utilisant l'équipement de protection individuelle contre les chutes.

Celui-ci est disponible rapidement et peut être adapté facilement aux conditions de l'intervention.

Le présent manuel traite de l'utilisation de l'équipement de protection individuelle contre les chutes. Par la suite, il sera désigné par le terme « sécurité antichute ».

Classification des systèmes de sécurité antichute

Sécurité antichute

Il s'agit en l'occurrence d'assurer la sécurité d'une personne en munissant celle-ci d'un équipement de protection individuelle contre les chutes. Le but est de prévenir une chute si cette personne trébuche, glisse ou perd l'équilibre pour une autre raison.

La personne assurée doit être capable en tout temps de se déplacer sans l'aide de cordes. La descente en rappel et le travail sur cordes sont interdits!

Il existe trois systèmes principaux de sécurité antichute :

*Systèmes de retenue
(empêcher la chute)*

Le périmètre de déplacement est limité de manière à empêcher la personne d'atteindre les zones comportant un risque de chute (principe de la « laisse de chien »). Une chute est donc **exclue**.

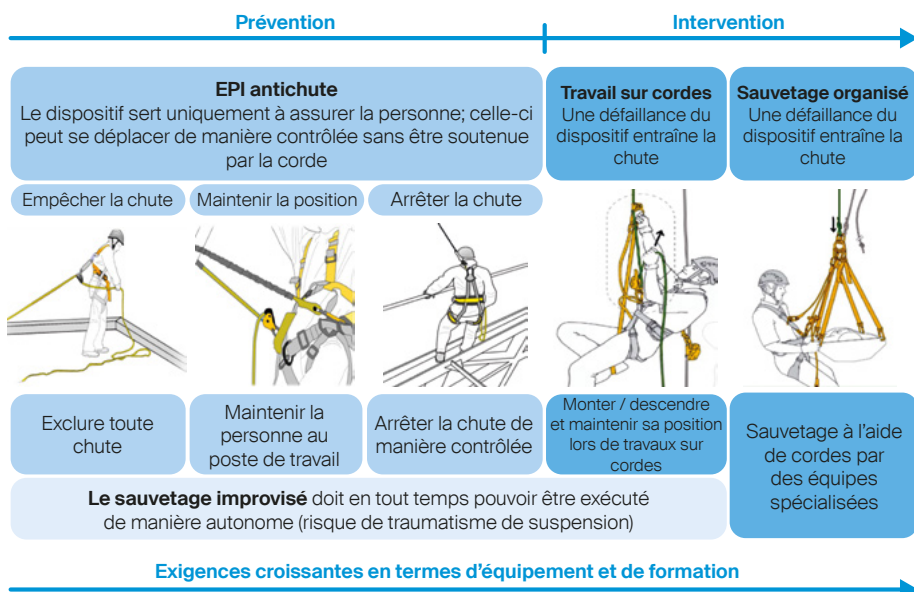


Fig. 1 : Classification des systèmes de sécurité antichute (OFPP)

Systèmes de maintien au poste de travail

La personne est maintenue temporairement à son poste de travail en s'appuyant sur le dispositif de positionnement. La position stable permet de travailler en toute sécurité en ayant les deux mains libres. Une chute libre est évitée. Si une chute est possible en cas de défaillance du dispositif de positionnement, un système de sécurité supplémentaire (généralement un système d'arrêt des chutes) est obligatoire.

Systèmes d'arrêt des chutes

Une chute libre et des blessures ne sont pas exclues. Le système arrête la chute de la personne assurée avant qu'elle ne heurte le sol ou un obstacle. Il limite la force d'arrêt (force de choc) subie par la personne à une valeur de 6 kN, ce qui correspond à la valeur maximale admise sur le plan médical.

Lors de l'utilisation de systèmes d'arrêt des chutes, le sauvetage d'une personne bloquée dans le système d'assurage doit pouvoir être garanti en tout temps dans les 20 minutes qui suivent à l'aide des moyens disponibles.

Ordre de priorité : de manière générale, préférer les systèmes de retenue ou de maintien de la position aux systèmes d'arrêt des chutes !

Travaux sur cordes

Lors des travaux sur cordes, basés sur les techniques d'accès et de positionnement au moyen de cordes, la personne est suspendue à la corde et se déplace verticalement et horizontalement. Une défaillance de ce dispositif de sécurité entraîne inéluctablement une chute.

La maîtrise de ces techniques exige des connaissances précises. Selon la fonction, la formation certifiée dure de 1 à 3 semaines. Ces interventions sont réservées à des spécialistes professionnels et ne font généralement pas partie des tâches assumées par la protection civile.

Le travail sur cordes ne relève pas de la sécurité antichute telle qu'elle est définie dans ce document!

Le sauvetage organisé

Le sauvetage organisé, également appelé sauvetage technique, consiste à secourir **des tiers** en hauteur ou en profondeur en utilisant des techniques de sauvetage avec cordes. Une défaillance du système entraîne inéluctablement une chute. Les techniques standard utilisées sont celles du Secours alpin Suisse. Elles s'appuient sur les techniques utilisées lors du travail sur cordes et sont complétées par des techniques supplémentaires.

L'exécution de sauvetages organisés requiert des compétences très élevées de la part des sauveteurs. Dans la protection civile, ils ne sont prévus qu'en cas de sauvetage dans les décombres. Pour toutes les autres situations de sauvetage, ce sont en principe des organisations partenaires de la protection de la population qui sont compétentes. En effet, les sauvetages dans les décombres au moyen de cordes ne peuvent être effectués que par des spécialistes disposant d'une formation ad hoc. La maîtrise des techniques de sécurité antichute est une condition de base.

Les techniques de sauvetage dans les décombres avec cordes sont traitées dans la partie « Localisation et sauvetage dans les décombres ».

Le sauvetage organisé n'appartient pas au domaine de la sécurité antichute telle qu'elle est définie dans ce document!

Formation en matière de sécurité antichute

Travailler avec un équipement de protection individuelle contre les chutes implique une prise de risques élevée et est considéré comme particulièrement dangereux. L'utilisation de l'équipement requiert une formation complète donnée par un personnel qualifié. Lors du recours à des systèmes de sécurité antichute, toute erreur doit être exclue, même en situation exceptionnelle (météo, moment de la journée, lieu d'intervention, etc.).

La durée de la formation dépend du nombre de techniques d'assurance à maîtriser et de la complexité des équipements. En **règle générale**, les durées de formation suivantes sont recommandées:

Une fois la formation de base achevée, la maîtrise des compétences techniques acquises doit être maintenue par des exercices réguliers.

Compétence technique visée	Durée de la formation
Utiliser une technique d'assurance simple (p. ex. système de retenue ou utilisation de l'absorbeur d'énergie en Y) Assortiment de matériel simple	1 jour au minimum
Utiliser plusieurs techniques d'assurance Vaste assortiment de matériel	2 à 3 jours au minimum

Tab. 1 : Durée des formations.

Sécurité

Accidents causés par une chute : chiffres pour la Suisse

Les chutes sont la principale cause d'accidents graves pour toutes les personnes assurées par la SUVA en Suisse.

Principales causes des chutes :

- Pas de formation ou formation lacunaire
- Planification manquante ou incomplète, pas de plan de sécurité
- Surestimation de ses compétences



Fig.2 : Accidents causés par une chute : chiffres pour la Suisse (moyenne sur plusieurs années) (SUVA)

Prescriptions de sécurité

Extrait des directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile (version du 1er mars 2020).

Section 7 :

Travaux comportant un danger de chute

Art. 21 Généralités

¹ Des mesures de sécurité antichute doivent être prises quand :

- a. les travaux sont effectués à moins de 2 m d'un bord ou d'une zone de chute ;
- b. la hauteur de chute est supérieure à 3 m.

² Lorsque l'environnement de travail est particulièrement dangereux, il convient de prendre des mesures de sécurité antichute même si la hauteur de chute est inférieure à 3 m.

³ Si des échelles mobiles sont utilisées pour accéder aux places de travail, des mesures de sécurité antichute doivent être prises dès que la hauteur de chute dépasse 5 m.

Art. 22 Utilisation d'un équipement personnel de sécurité antichute

¹ L'utilisation d'un équipement personnel de sécurité antichute n'est autorisée que lorsqu'une protection collective ou l'utilisation de moyens d'appui technique sont impossibles, dangereuses ou inadéquates.

² Le système d'assurage doit être posé de sorte que la force maximale exercée sur le corps de la personne assurée (force de choc) ne dépasse jamais 6 kN en cas de chute.

Art. 23 Personnes assurées

¹ La personne assurée doit pouvoir à tout moment continuer de bouger par ses propres moyens sans l'aide de cordes.

² Le sauvetage d'une personne bloquée dans le système d'assurage doit pouvoir être garanti dans les 20 minutes qui suivent à l'aide des moyens disponibles sur place.

Art. 24 Ancrages

¹ La personne à assurer doit être attachée à un ancrage fixe (système d'ancrage). L'assurage direct par une seconde personne est interdit.

² Les ancrages réalisés par les personnes astreintes pour assurer une personne doivent présenter les résistances suivantes au point d'ancrage :

- a. 12 kN, lorsque la charge maximale au point d'ancrage en cas de chute ne dépasse pas 6 kN ;
- b. 22 kN lorsque la charge maximale au point d'ancrage en cas de chute dépasse 6 kN.

³ Lors de l'utilisation d'ancrages de sécurité antichute élaborés par des tiers, il convient de suivre les prescriptions du fabricant ou du distributeur.

⁴ La personne astreinte doit effectuer un contrôle visuel de l'ancrage avant d'y fixer son élément d'attache.

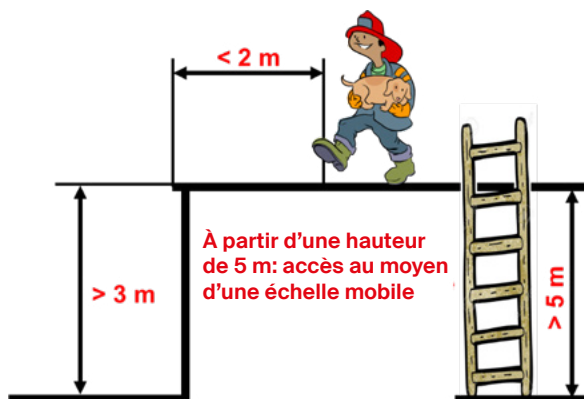


Fig. 3 : Quand faut-il prendre des mesures de sécurité antichute ? (OFPP)

Commentaires :

Article 22

Utilisation d'un équipement personnel de sécurité antichute

Al. 1

L'équipement personnel de sécurité antichute ne protège que la personne qui en est équipée. Il ne doit pas nécessairement être personnalisé (contrairement aux chaussures, p. ex.). Le nombre requis d'équipements peuvent être intégrés dans le matériel de corps et être distribués individuellement seulement lorsqu'il est prévu de les utiliser.

Article 24 Ancrages

Al. 2

Par ancrages réalisés par les personnes astreintes on entend par exemple les ancrages dans le béton, les ancrages aux arbres ou aux

structures ou encore les ancrages au sol élaborés par des personnes astreintes. La protection civile est responsable de leur sécurité. Les personnes astreintes doivent être capables d'évaluer la résistance et l'état des ancrages.

Al. 3

Par ancrages de sécurité antichute élaborés par des tiers on entend par exemple les points d'ancrage fixes sur les toits ou les bâtiments, les trépieds mobiles et les points de fixation sur les échafaudages. La société de montage ou le distributeur sont responsables de la sécurité de la structure. Si les conditions d'utilisation ne sont pas connues, elles doivent être obtenues auprès du service compétent. Lorsqu'il s'agit de bâtiments, c'est en règle générale le propriétaire.

Règles de base pour les surfaces inclinées

Sur les surfaces inclinées, la pente n'est qu'un indicateur parmi d'autres pour évaluer le risque de chute. La **valeur de frottement** entre le vêtement et le sol est également déterminante. Sur des surfaces très lisses, les personnes doivent être assurées en présence d'une pente de quelques degrés seulement.

Attention : Lorsqu'une personne glisse sur un sol très lisse (par exemple sur des surfaces glacées), la vitesse et donc l'énergie de chute correspondant à celles d'une chute libre est déjà atteinte à partir d'une pente de 10 à 20°!

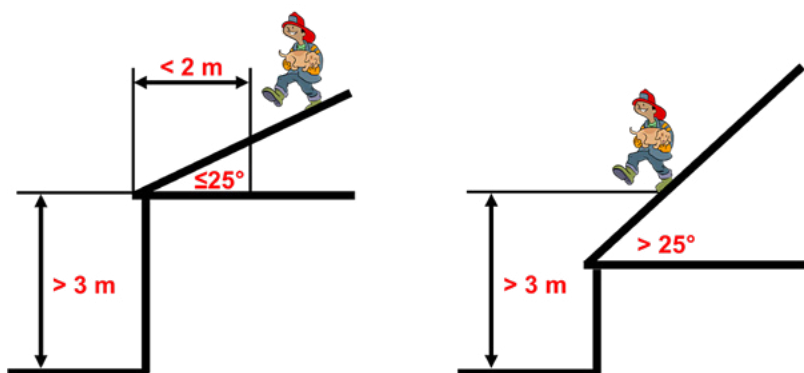


Fig. 4 : Quand faut-il prendre des mesures de sécurité antichute sur des surfaces inclinées (principes de base) ? (OFFP)

Règles de sécurité

Principes et planification

- Les travaux réalisés en hauteur doivent être planifiés.
- Élaborer un plan de sécurité et un plan d'urgence (y c. sauvetage improvisé !).
- Respecter l'ordre de priorité des différents systèmes de protection et de sécurité.
- Connaître, respecter et faire respecter les limites en cas d'intervention. La sécurité personnelle prime !
- Exécuter des travaux dans des situations périlleuses (p. ex. manipuler une tronçonneuse en portant un équipement de protection individuelle contre les chutes) fait courir des risques extrêmes. Si on ne peut éviter de telles situations, confier ces tâches à des spécialistes qualifiés.
- Faire appel à des spécialistes (travailleurs en hauteur, guides de montagne, spécialistes dans le sauvetage en hauteur des sapeurs-pompiers professionnels, Secours alpin suisse, spécialistes de la montagne de l'armée) pour les situations difficiles.
- Assurer la sécurité des tiers. Boucler la zone d'intervention.

Personnel

- Faire appel uniquement à des personnes pouvant attester de leur qualification.
- Ne jamais engager des personnes présentant des contre-indications médicales, psychiques ou physiques (p. ex. diabète, vertiges, peur de la hauteur, consommation de drogues, etc.) !
- Toujours désigner un chef de la sécurité.
- Ne jamais travailler seul. Les personnes doivent pouvoir se contrôler mutuellement et se porter secours.
- Ne jamais contraindre une personne à participer à de telles interventions.

Équipement

Ne mettre à disposition que des équipements contrôlés et homologués pour les différents systèmes de sécurité.

Formation

- La formation en matière de sécurité antichute est réservée aux instructeurs spécialisés et expérimentés dans le domaine.
- Un plan de sécurité et d'urgence doit être réalisé pour le lieu de formation également.
- En situation d'urgence, la personne assurée doit toujours pouvoir être descendue à l'aide de la corde jusqu'à un endroit accessible par les services de secours.
- Lors de la formation, il est recommandé de se limiter à une hauteur maximale de 12 m pour les infrastructures.

Règles de sécurité supplémentaires

Des règles de sécurité supplémentaires importantes sont ajoutées en permanence dans les chapitres suivants.

Compétences de base

Les trois éléments de base d'une chaîne d'assurage

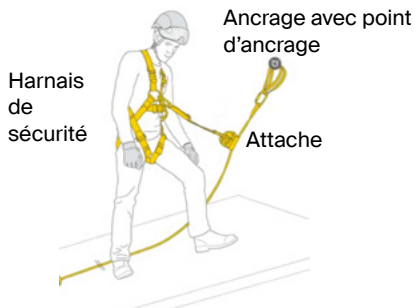


Fig. 5 : Chaîne d'assurage (Petzl, OFPP)

Les trois éléments doivent être homologués pour le système de sécurité mis en place (système de retenue, de maintien de la position ou d'arrêt des chutes) et appropriés aux spécificités de l'intervention.

Selon le système de sécurité retenu, l'attache (2) peut être réalisée à l'aide de différents éléments :

- Longes (p. ex. cordes et sangles)
- Connecteurs (p. ex. mousquetons)
- Éléments pour amortir la chute (p. ex. absorbeur d'énergie, corde dynamique, assurage par demi-nœud de cabestan)
- Dispositifs antichute (p. ex. raccourcisseur de corde, antichute mobile)

Équipement

Généralités

Les explications ci-après livrent uniquement un aperçu de l'équipement et de ses propriétés de base. La fonction, le maniement et l'utilisation corrects de l'équipement sont décrits dans d'autres documents techniques (modes d'emploi de la protection civile ou du fabricant).

De manière générale, il convient d'appliquer les prescriptions de sécurité et les modes d'emploi du fabricant!

L'équipement devrait être choisi en tenant compte des mandats et de la situation d'intervention prévue. Il est important aussi de veiller à ce que le matériel puisse être utilisé par le personnel de milice. L'étendue et la complexité de l'équipement doivent être limitées à l'essentiel.

Principe pour le choix de l'équipement :

limité
simple
sûr
multifonctionnel

D'avantage de matériel ne correspond pas forcément à plus de sécurité ou de marge de manœuvre. Chaque appareil supplémentaire nécessite une formation du personnel et même si son utilisation paraît a priori très simple, il peut être mal employé, ce qui entraîne des risques supplémentaires.

L'équipement de sécurité antichute est un assortiment simple et multifonctionnel.

Il a été conçu spécialement pour les formations d'intervention de la protection de la population et est proposé par plusieurs fabricants.

L'équipement personnel de sécurité antichute est conçu pour assurer des personnes et ne doit jamais être utilisé à d'autres fins (p. ex. pour soulever des charges)!

De nombreuses pièces d'équipement utilisées pour les activités sportives (p. ex. en alpinisme) ne sont pas homologuées pour assurer la sécurité au travail!



Fig. 6 : équipement de sécurité antichute (Petzl)

Vue d'ensemble des normes EN

L'équipement de sécurité antichute disponible sur le marché suisse doit respecter les normes EN. Les principales normes en vigueur figurent dans le tableau ci-dessous :

Remarque : contrairement à celles qui s'appliquent aux appareils de levage, les charges indiquées pour les produits (exprimées en N ou kN) ne correspondent pas à la charge de travail maximum autorisée mais à la **charge de rupture minimale**. Cette dernière ne doit jamais être atteinte lors de l'utilisation de l'équipement de sécurité antichute!

Principales normes EN en matière de sécurité antichute	
Casque de protection avec jugulaire	EN 397 + EN 12492
Ceintures de maintien au travail et longes de maintien au travail	EN 358
Ceintures à cuissardes	EN 813
Harnais antichute	EN 361
Longes	EN 354, EN 358, EN 566
Connecteurs (mousquetons)	EN 362, EN 12275
Corde dynamique	EN 892
Corde semi-statique à faible coefficient d'allongement	EN 1891
Dispositifs d'ancrage	EN 795
Antichute mobile	EN 353-2
Absorbeur d'énergie	EN 355
Système de protection en hauteur	EN 360
Équipement de protection individuelle contre les chutes (système complet)	EN 363
Appareils de levage utilisés pour le sauvetage	EN 1496
Dispositifs de rappel (pour le sauvetage)	EN 341

Tab. 2 : Principales normes EN en vigueur dans le domaine de la sécurité antichute.

Casque

Un casque avec **jugulaire** fait partie intégrante d'un équipement de sécurité antichute. Le type de casque varie selon le genre d'intervention :

Le casque d'alpinistes est particulièrement adapté à la sécurité antichute. Il convient toutefois d'identifier les dangers liés à l'ensemble du domaine d'intervention d'une organisation de protection civile afin de sélectionner le casque le plus approprié à la situation.

	Casque d'alpinistes	Casque de protection pour l'industrie	Casque de protection à haute performance pour l'industrie
Norme	EN 12492	EN 397	EN 14052
Résistance de la jugulaire	< 50 daN	15–25 daN	15–25 daN
Propriétés	Protège contre les chocs verticaux et horizontaux Reste solidement fixé sur la tête pendant la chute	Protège uniquement contre les chocs verticaux Évite l'étranglement	Protège contre les chocs verticaux et horizontaux Évite l'étranglement

Tab. 3 : Casques appropriés à la sécurité antichute.

Ceintures et harnais

Vue d'ensemble



Ceinture de maintien au travail
EN 358



Ceinture de maintien au travail
EN 358 + ceinture à cuissardes
EN 813



Harnais antichute EN 361



Harnais antichute, ceinture
de maintien au travail
et ceinture à cuissardes
EN 358 + EN 361 +
EN 813

Fig. 7 : Ceintures et harnais

Domaines d'utilisation

La combinaison du harnais anti-chute avec ceinture de maintien au travail et ceinture à cuissardes convient à toutes les interventions possibles de la protection civile (sécurité antichute, y c. pose de lignes et sauvetage à l'aide de cordes).

Pour des questions de sécurité (tolérance aux erreurs), n'utiliser que des harnais antichute ou des harnais antichute combinés!

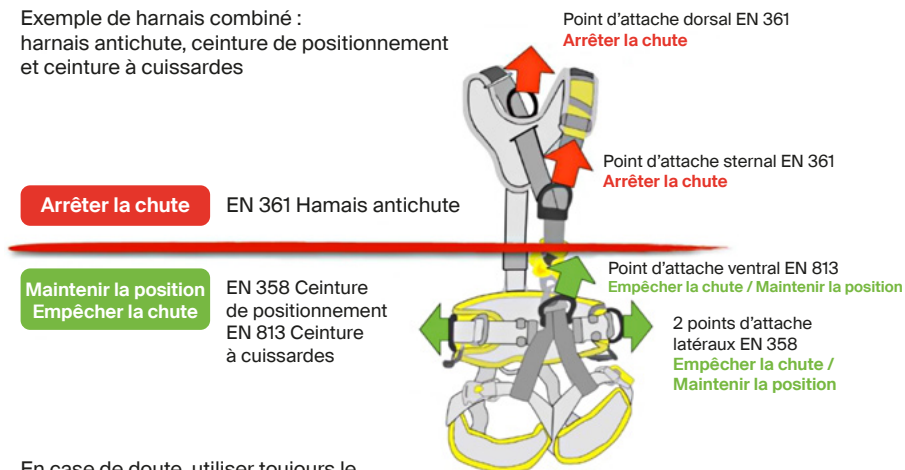
Le nœud d'amarrage poitrine ou dorsal ne doit être utilisé qu'en cas d'urgence absolue et quand le matériel fait défaut et après avoir considéré toutes les conséquences. Il ne doit jamais être utilisé dans les systèmes d'arrêt des chutes!

Norme EN du harnais	Sécurité antichute				Intervention sur cordes	
	Empêcher la chute	Maintenir la position	Arrêter la chute	Sauvetage improvisé	Sauvetage organisé	Travaux sur cordes
EN 358	✓	✓				
EN 361	✓	(✓)	✓	✓		
EN 358 EN 361	✓	✓	✓	✓		
EN 358 EN 813	✓	✓		✓		(✓)
EN 358 EN 361 EN 813	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tab. 4 : Domaines d'utilisation des harnais.

Points d'attache

Exemple de harnais combiné :
harnais antichute, ceinture de positionnement
et ceinture à cuissardes



En case de doute, utiliser toujours le
point d'attache sternal EN 361 !

Fig. 8 : Points d'attache du harnais (Gantner/Merkt)

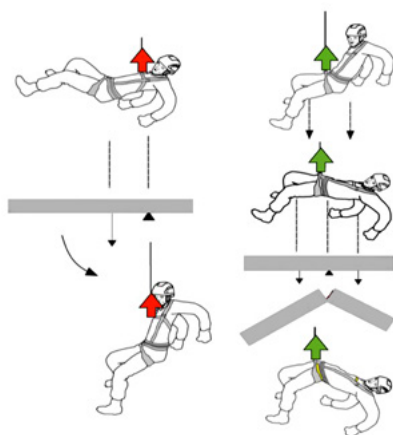


Fig. 9 : Arrêt de chute avec fixation à un point d'attache antichute ou à un point d'attache ventral (Petzl)

Lors de l'utilisation de systèmes d'arrêt des chutes, la longe doit être connectée à **un seul point d'attache antichute** (signalé en général par la lettre **A**) du harnais afin de garantir une répartition optimale des forces sur le corps et une position assise lorsque la personne est suspendue à la corde. L'utilisation d'un point d'attache ventral peut causer des dommages à la colonne vertébrale en cas de chute.

Ne jamais utiliser un point d'attache ventral ou latéral comme point d'attache antichute!

Il existe sur le marché des harnais combinés qui disposent non pas d'un point d'attache ventral (EN 813) mais d'un support d'assurage (EN 353-1). Ces supports sont conçus pour des déplacements verticaux le long d'un rail ou d'un câble. En cas de chute, une courroie se déchire et l'anneau glisse à hauteur de poitrine. En général, les points d'attache de ce type ne doivent pas être utilisés pour maintenir la position au poste de travail ou pour le travail à mains libres.

Port du harnais

Points importants :

- Vider les poches (risque de blessure).
- Ouvrir les sangles et enfiler le harnais.
- Veiller à la position correcte des sangles et des points d'attache :
 - Point d'attache sternal à hauteur de poitrine
 - Point d'attache dorsal entre les omoplates
 - Ceinture de maintien au-dessus du bassin
- Serrer les sangles
- Serrer les ceintures. Il doit toutefois être possible de passer encore une main sous la ceinture.
- Contrôle (contrôle mutuel selon HMNA.com, cf. p.49).

Cordes

Principes

- Les cordes font partie des longues.
- Utiliser uniquement des cordes homologuées pour la sécurité antichute et le système de sécurité utilisé.
- Pour la sécurité antichute, choisir des cordes d'une longueur de 50 à 60 m. Avec des cordes plus courtes, il n'est souvent pas possible d'intégrer le sauvetage improvisé directement au système de sécurité.
- Utiliser des cordes avec un diamètre de **10,5 mm** au minimum. Les cordes plus fines (p. ex. pour l'alpinisme) ne sont pas assez solides.
- En principe, la corde est **directement** fixée au harnais à l'aide d'un nœud de huit et non pas par l'intermédiaire d'un mousqueton (important surtout pour les systèmes d'arrêt des chutes). Les mousquetons peuvent en effet être soumis à des sollicitations dangereuses et se briser. Exceptions :
 - Le mousqueton est relié solidement à la corde et sa fixation au harnais est prévue par le fabricant.
 - Le mousqueton est un élément fixe du harnais.

- Si la corde est tout de même fixée à l'aide d'un mousqueton, choisir un modèle en acier ou deux mousquetons en aluminium.
- Chaque extrémité de corde doit être **sécurisée** (à l'aide d'un nœud de huit ou à un point fixe).
- Après une chute « dure », la corde doit être **éliminée**.

Cordes pour assurer des personnes

Corde dynamique EN 892 :

- Corde à âme et gaine
- Se comporte de manière dynamique lors d'une chute et limite la force de choc à une valeur définie. Combinée à un dispositif de sécurité dynamique (assurage «HMS» demi nœud de cabestan ou dispositif d'assurage approprié), la force de choc peut être limitée à moins de 6 kN.

Norme EN de la corde	Sécurité antichute				Intervention sur cordes	
	Retenir la chute	Maintenir la position	Arrêter la chute	Sauvetage improvisé	Sauvetage organisé	Travaux sur cordes
corde dynamique EN 892 	✓	(✓)	✓	✓		
Corde semi-statique EN 1891A 	✓	✓		✓	✓	✓
Corde multinormes EN 1891A EN 892 	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tab. 5 : Domaines d'utilisation des cordes

- Doit **toujours** être utilisée lorsqu'une chute n'est pas exclue.
Exceptions :
 - Avec des lignes de vie
 - Si le fabricant du système d'arrêt des chutes prescrit une autre corde

Corde semi-statique EN 1891 A :

- Corde à âme et gaine
- Se comporte de manière statique sous une charge normale.
- Jusqu'à un facteur de chute de 0,3, la force de choc d'une chute est limitée à 6 kN.
- Convient uniquement pour les systèmes de retenue (corde tendue) ou de maintien de la position.
- **Ne doit pas** être utilisée pour arrêter une chute.

Exceptions :

- Lors de l'utilisation comme ligne de vie.
- Lorsque le fabricant du système d'arrêt des chutes prescrit une corde semi-statique.
- Lorsque la corde est fixée dans la ligne de chute, au-dessus de la personne assurée et qu'elle est suffisamment tendue pour que la chute puisse être arrêtée tout de suite, sans qu'il y ait production d'énergie.

Corde multinormes EN 1891 A + EN 892 :

- Corde à âme et gaine
- Se comporte comme une corde semi-statique sous une charge normale.
- Se comporte comme une corde dynamique en surcharge.
- Après une chute « dure », les propriétés semi-statiques sont perdues.
- Peut être utilisée pour tous les systèmes de sécurité antichute.
Exceptions : lorsque le fabricant d'un système de sécurité prescrit un autre type de corde.

Attention : sans marquage, il n'est pas évident de reconnaître le type de corde. La couleur ou les motifs ne sont en général pas des indicateurs fiables!

Les cordes multinormes tolèrent les erreurs d'utilisation et sont donc adaptées à une utilisation par le personnel de milice. Elles ne risquent pas d'être confondues avec d'autres cordes. Elles se comportent toujours de manière dynamique en cas de surcharge et la force de choc est par conséquent limitée, même en cas de chute non prévue. De plus, elles conviennent pour pratiquement toutes interventions relevant du domaine d'utilisation de la protection civile.

Lorsque différentes cordes sont utilisées pour une intervention, il y a risque de confusion et par conséquent risque d'erreur dans l'utilisation !



Mousquetons

Généralités

- Les mousquetons font partie des connecteurs et doivent correspondre à la norme EN 362.
- Utiliser uniquement des mousquetons avec un système de verrouillage automatique à **triple action** (triac-t-lock). Tous les autres systèmes de verrouillage peuvent entraîner des erreurs d'utilisation.

- Les mousquetons ne doivent être sollicités que dans l'axe prévu. Les sollicitations dangereuses doivent absolument être évitées.
- Si possible, utiliser uniquement des mousquetons en acier pour les points d'ancrage centraux. Ils sont plus robustes que des modèles en aluminium et plus résistants lorsqu'ils sont en porte-à-faux. Les mousquetons en aluminium peuvent se briser inopinément.

Attention : un manchon de verrouillage encrassé (sable, terre) peut entraîner une défaillance du verrouillage automatique à triple action!

Utiliser uniquement des mousquetons HMS (Halbmastwurf-Sicherung) en forme de poire pour l'assurage avec un demi-nœud de cabestan!

				
Type	Symétrique	En forme de poire	Asymétrique	À grande ouverture
Utilisation (principale)	Usage universel	Assurage avec technique demi-nœud de cabestan (HMS)	Connecter les systèmes d'assurage	Barres d'échafaudage

Tab. 6 : Domaines d'utilisation des mousquetons

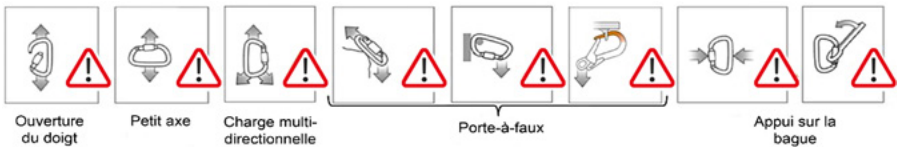


Fig.10 : Mauvaises sollicitations des mousquetons (Petzl)

Absorbeurs d'énergie

- Les absorbeurs d'énergie sont une composante dynamique des systèmes d'arrêt des chutes servant à amortir la chute. Ils sont intégrés à la longe de la chaîne d'assurage.
- Lorsque les coutures des bandes se déchirent, l'énergie exercée par la chute est absorbée et la force de choc réduite à 6 kN au maximum.
- La longueur maximale admise pour une longe est en général de 200 cm.
- Le facteur de chute maximal admis est de 2 (pour le calcul, voir page 30). Les fabricants conseillent toutefois de ne pas dépasser un facteur de 1.
- Les absorbeurs d'énergie **ne** sont **pas** admis pour le maintien au poste de travail.

Des informations supplémentaires sur les absorbeurs d'énergie figurent page 70 « Auto-assurage avec absorbeur d'énergie en Y »

Équipement supplémentaire pour la sécurité antichute

D'autres équipements ou systèmes importants ne sont traités dans ce chapitre que de manière succincte. Le cas échéant, consulter les chapitres suivants pour trouver des informations détaillées.



Fig.11 : Absorbeur d'énergie selon la norme EN 355 (Petzl)

*Équipement important pour
la sécurité*



Les anneaux de sangle, les élingues en corde ou en câble métallique sont utilisés comme longe ou moyens d'ancrage



Longes réglables pour les systèmes de maintien au poste de travail ou de retenue



Antichutes mobiles



Dispositifs pour assurer une personne et pour le sauvetage improvisé



Antichutes à rappel automatique utilisés comme système d'arrêt des chutes



Matériel d'ancrage dans le béton ou le rocher



Dispositifs de sauvetage, y c. tige télescopique pour le sauvetage improvisé

Fig.12 : Équipement important pour la sécurité

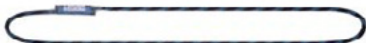
Matériel auxiliaire



Système de corde à lancer pour installer la corde depuis le sol



Protection des cordes et des sangles en contact avec des arêtes vives



Anneau en cordelette (pour pédale) afin d'éviter le syndrome du harnais

Fig.13 : Matériel auxiliaire

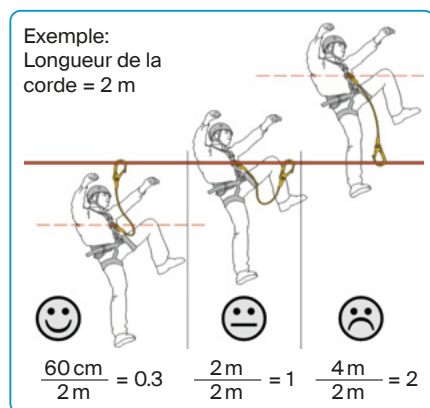
Physique de la chute

Facteur de chute

Le facteur de chute est une comparaison entre l'énergie de la chute et l'élasticité de la longe. Chaque longe se comporte de manière plus ou moins élastique sous charge (comparable en cela à un ressort).

- À hauteur de chute égale, une corde longue s'étend davantage qu'une corde courte. La distance de freinage est par conséquent plus longue et la force transmise à la personne assurée est diminuée.
- Avec une corde de même longueur, la force transmise devient plus grande avec l'augmentation de la hauteur de chute.

Les systèmes d'arrêt des chutes devraient toujours être installés et utilisés de telle sorte que le facteur de chute soit limité à 1 !



$$\text{Facteur de chute} = \frac{\text{Hauteur de chute}}{\text{Longueur de corde}}$$

Plus le facteur de chute est élevé, plus la chute est « dure ».

Un facteur de chute > 0,3 correspond à une **chute « dure »**.

Fig. 14 : Définition du facteur de chute (OFPP)

Force de choc

La **force de choc** correspond à la force maximale transmise à la personne (impact perçu) et à la chaîne d'assurage lors de l'arrêt d'une chute. Elle varie selon le poids de la personne, de la hauteur de chute, du facteur de chute et de l'élasticité de tous les éléments de la chaîne d'assurage.

Lors de l'utilisation de systèmes de sécurité antichute, la force de choc transmise à la personne ne doit jamais dépasser 6 kN!



Fig. 15 : Force de choc lors de l'arrêt d'une chute (OFPP)

Force de choc	Signification
6 kN	Force de choc maximale admise pour la sécurité antichute Force de choc maximale autorisée pour une corde semi-statique EN 1891 A avec un facteur de chute de 0,3 ¹⁾
> 6 kN	Risque de blessures graves
≥ 15 kN	Conséquences mortelles !
12 kN	Force de choc maximale autorisée pour une corde dynamique EN 892 avec un facteur de chute de ~2 (chute statique, sans éléments pour absorber l'énergie) ¹⁾

1) Correspond à un résumé succinct ; pour les critères plus précis, se référer aux ouvrages spécialisés.

Tab. 7 : Forces de choc

Mesures à mettre en place dans le système d'arrêt des chutes afin de respecter la valeur maximale de 6 kN pour la force de choc.

- Arrêter la chute immédiatement afin d'éviter la production d'énergie

Exemples : Assurer la personne depuis le haut avec une corde tendue (demi-nœud de cabestan ou dispositif d'assurage) ; Installer le point d'ancrage à la verticale au-dessus de la personne ; Antichute à rappel automatique

- Atténuer la chute de manière contrôlée à l'aide d'éléments qui se comportent de manière dynamique

Exemples : Corde dynamique combinée à un assurage dynamique (demi-nœud de cabestan ou dispositif d'assurage) ; Antichute mobile combiné à une corde homologuée pour cet usage ; Absorbeur d'énergie ; Éléments dynamiques intégrés à l'ancrage ou au harnais

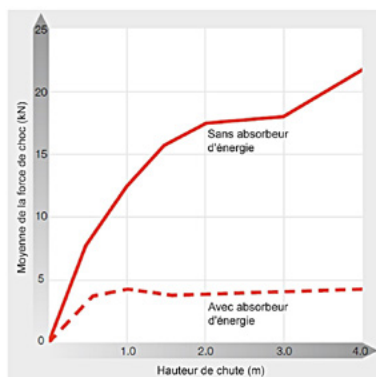


Fig.16 : Relation entre la force de choc et la hauteur de chute (tests SUVA)

Distance de dégagement

Un système d'arrêt des chutes doit permettre d'arrêter une chute à temps avant que l'utilisateur ne heurte le sol ou un objet tout en limitant la force de choc à 6 kN. Cela nécessite une distance de dégagement suffisante sous le système d'arrêt des chutes.

La distance de dégagement minimum varie selon le système d'arrêt des chutes utilisé.

Lors de l'utilisation d'un système d'arrêt des chutes, la distance de dégagement requise doit être connue et respectée !

Voici comment calculer la distance de dégagement requise :

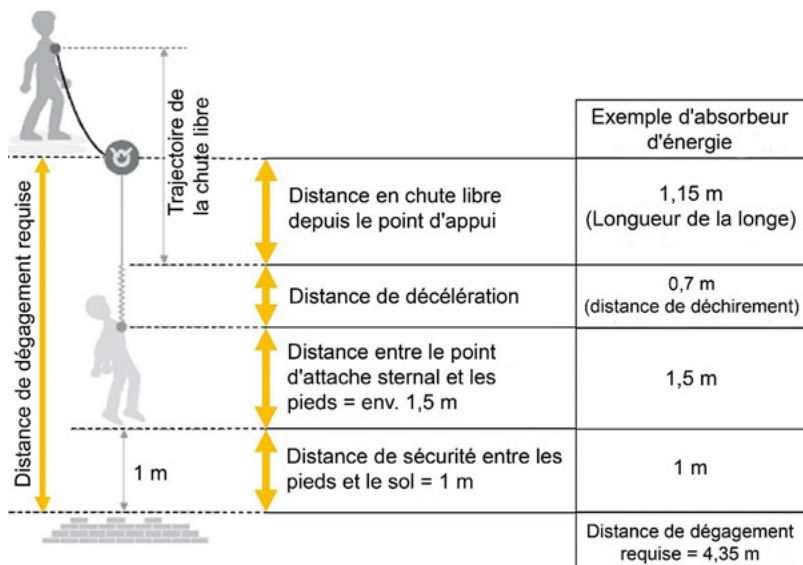


Fig.17 : Exemple de calcul de la distance de dégagement requise

Syndrome du harnais (traumatisme de suspension)



Fig.18 : Suspension dans le harnais (Petzl)

Description

- Le traumatisme de suspension peut entraîner la **mort** !
- Ce risque apparaît lorsque la personne demeure accrochée longtemps dans son harnais sans bouger.
- Il concerne tout particulièrement les personnes immobilisées en raison de blessures ou d'une perte de connaissance.
- Le reflux du sang est interrompu par les sangles et le sang stagne dans les membres inférieurs.

- En conséquence, il n'y a pas suffisamment de sang pour l'approvisionnement en oxygène, la personne peut perdre connaissance, subir un choc cardiovasculaire et, finalement, être victime d'un arrêt circulatoire.
- La **mort** peut survenir **au bout de 10 à 20 minutes** déjà !

Mesures

Prévention :

- Si possible, fixer la longe au point d'attache sternal et non au point d'attache dorsal.
- Attacher une pédale en cordelette ou des sangles suffisamment longues au harnais.
- Exercer « auto-délestage » dans le cadre de la formation.
- « Rig for rescue », intégrer le système de sauvetage improvisé au système de sécurité.
- Préparer le sauvetage improvisé et un plan d'urgence.

Après la chute :

- Bouger, délester les jambes alternativement et, le cas échéant, poser les pieds sur des structures.
- Fixer la pédale à la longe ou directement à la corde avec un nœud de prussik et décharger une jambe après l'autre.
- Secourir la personne aussi vite que possible, le plus simple étant de la faire descendre sur un support sûr. Si cela n'est pas possible, toujours commencer par donner l'alarme et solliciter une aide professionnelle (sauvetage en hauteur, REGA).
- Après le sauvetage, dispenser les premiers soins : défaire les sangles et maintenir la personne dans une position assise (pas de position latérale !).
- Surveiller la personne et la faire examiner par un médecin.

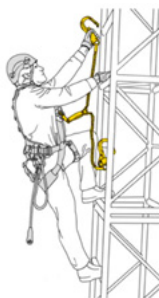


Fig.19 : Délester les jambes à l'aide d'une pédale (Petzl)

Principe de la redondance dans la sécurité antichute

Le système de protection antichute doit comporter **deux** éléments **indépendants** pour assurer la personne. Celle-ci doit être capable en tout temps de se déplacer sans l'aide de cordes.

Cas A



1^{er} élément

Pieds et mains (marcher, grimper)

2^e élément

Le système de retenue (amortisseur de chute à sangle en Y) n'entre en action que lorsque la personne perd l'équilibre et tombe.

Cas B



1^{er} élément

Moyens de positionnement et pieds (le corps est stabilisé en s'appuyant sur le moyen de positionnement, ce qui permet d'avoir les mains libres pour travailler)

2^e élément

Le système de rattrapage (amortisseur de chute à sangle en Y) n'entre en action que lorsque le dispositif de positionnement ne fonctionne plus et que la personne tombe

Fig.20 : Redondance dans le système de sécurité antichute (Petzl)

Principaux systèmes de sécurité antichute

Systèmes de retenue

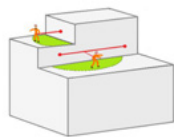


Fig. 21 : Système de retenue (Petzl)

La longe est maintenue tendue et toute chute est ainsi exclue, même si la personne trébuche !

- Pas de chute libre ni de glissade
- Pas d'accumulation d'énergie de la chute
- Pas de suspension libre dans le harnais

Limites du système de retenue :



Aucune chute n'est possible – le système de retenue est approprié



Une chute n'est pas exclue – il faut utiliser un système d'arrêt des chutes !

Fig. 22 : Limites du système de retenue

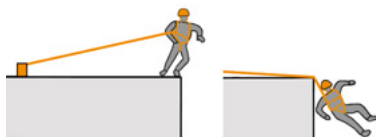


Fig. 23 : Limites du système de retenue (Petzl)

Lors d'interventions sur des constructions, le bord de chute est en général bien visible. La limite entre la « zone de retenue » et la zone de risque de chute peut être définie et signalée clairement. En cas d'intervention en terrain naturel (p. ex. sur des pentes raides et accidentées), cette limite n'est pas nette et peut se déplacer en l'espace de quelques mètres. Il est par conséquent souvent difficile de définir les zones de manière précise.

Afin de garantir la sécurité de la personne assurée et en raison de la tolérance aux erreurs, les systèmes utilisés pour empêcher une personne de chuter doivent aussi être homologués pour l'arrêt des chutes.

Systèmes de maintien de la position

Ce système permet de maintenir la personne à son poste de travail afin qu'elle puisse travailler à mains libres !

- Son utilisation au poste de travail n'est que temporaire. La personne peut accéder au poste de travail puis le quitter de manière autonome, sans l'aide de cordes.
- La personne peut toujours poser ses pieds sur une structure stable (saillie, barreau d'échelle, etc.), elle ne doit pas être suspendue dans le vide.
- À partir d'une hauteur de 3 m, ajouter un système d'arrêt des chutes.

Exception : lors de pose de **lignes aériennes** à l'aide d'une **échelle**, aucun système d'arrêt des chutes n'est obligatoire selon la SUVA, même au-delà d'une hauteur de 3 m ! Il suffit que la personne soit maintenue au mât à l'aide d'un harnais et d'une longe conformes à la norme EN 358. Cette exception correspond à une solution spécifique.

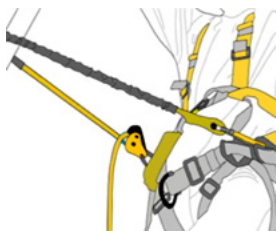


Fig. 24 : Système de maintien de la position (Petzl)

Système d'arrêt des chutes



Fig. 25 : Système d'arrêt des chutes (Petzl)

Ce système a pour but d'arrêter la chute d'une personne avant que celle-ci ne touche le sol ou heurte un obstacle !

- Une chute avec risque de blessure n'est pas exclue.
- Il est impératif de prévoir un harnais antichute, un dispositif homologué pour absorber le choc et une distance de dégagement suffisante.
- Il y a un risque de syndrome du harnais. Il doit par conséquent être possible de procéder à un sauvetage improvisé à l'aide des moyens disponibles sur place dans un délai de **20 minutes**.

Sauvetage improvisé

Généralités

Lors de l'utilisation de systèmes d'arrêt des chutes, il convient de planifier préalablement un sauvetage improvisé qui doit pouvoir être réalisé avec les moyens disponibles sur place dans un délai de 20 minutes. Si cela **n'est pas** possible, l'intervention ne doit pas être effectuée sous cette forme !

Un sauvetage est nécessaire lorsque la personne victime de la chute est blessée ou bloquée de telle sorte qu'elle ne peut se libérer de ses propres moyens ni quitter la zone de chute de manière indépendante.

À la différence du sauvetage organisé ou du travail sur cordes, le sauvetage **improvisé** impose de travailler avec **une seule** corde. Le but est de secourir rapidement un-e camarade avec des techniques simples et faciles à utiliser par le personnel de milice. Toutefois, si la situation le permet, il est toujours préférable d'ajouter une sécurité redondante.

Le sauvetage improvisé fait partie de la formation **obligatoire** en matière de sécurité antichute !

Schéma d'urgence

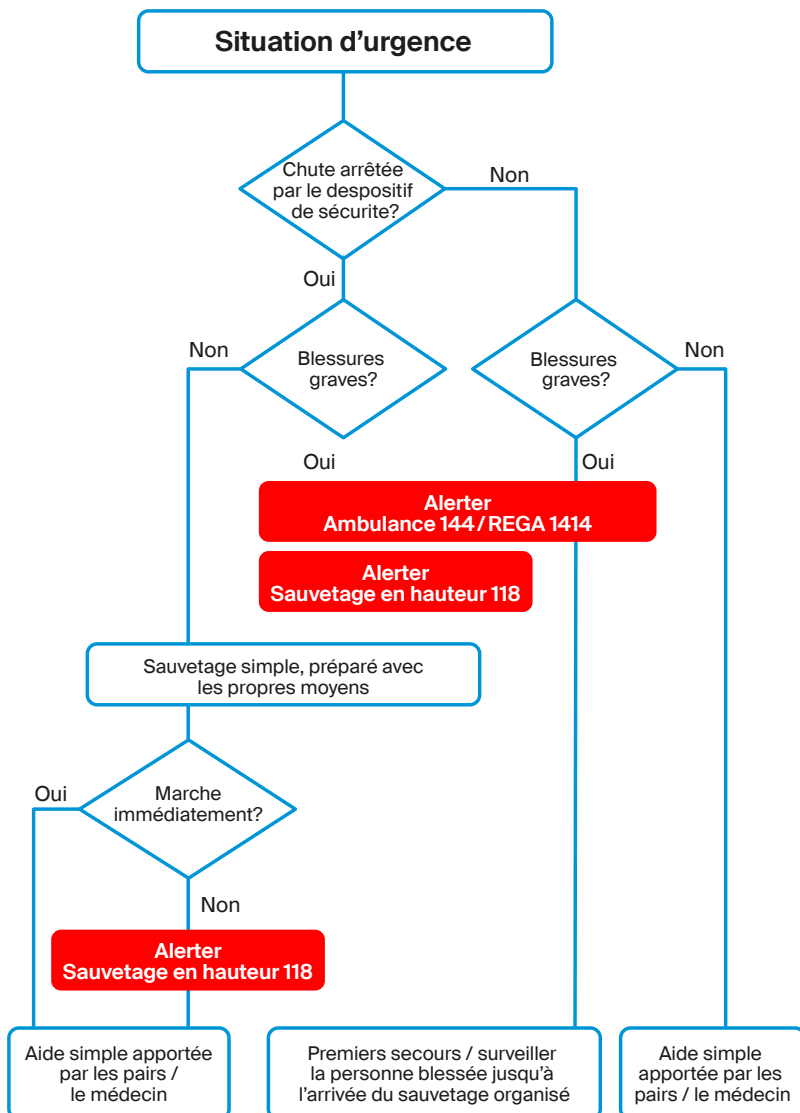


Fig. 26 : Exemple d'un schéma d'urgence pour la sécurité antichute (OFPP)

Méthodes de sauvetage simples

Définition d'un sauvetage simple

La victime de la chute peut être sauvée en appliquant des méthodes simples et depuis un emplacement sûr. **Aucun sauveteur** ne doit être descendu vers la victime à l'aide d'une corde ou grimper vers elle.

Conditions préalables avec une personne en mesure d'agir :

- La personne victime d'une chute est capable d'attacher une corde de sauvetage à son harnais.
- Le cas échéant, elle est en mesure de détacher une longe la reliant à son emplacement.
- Les sauveteurs doivent pouvoir la déplacer à l'aide d'une corde vers un lieu situé au-dessus ou en dessous. La personne doit en outre être capable de traverser par ses propres moyens des passages en pente ou plats.

Conditions préalables avec une personne incapable d'agir :

- La personne n'est pas attachée à son emplacement à l'aide d'une longe.
- Le système de sauvetage est intégré au système d'arrêt des chutes (rig for rescue) ou alors les sauveteurs peuvent, depuis un emplacement sûr, fixer la corde de sauvetage au harnais (p. ex. en utilisant une tige télescopique).
- Les sauveteurs doivent être capables de déplacer la personne à l'aide d'une corde vers un emplacement sûr situé au-dessus ou en dessous sans que celle-ci ne se blesse ou ne soit retenue par une saillie lors de la descente.

La méthode de sauvetage «rig for rescue»

Le système de sauvetage est déjà intégré dans le système de sécurité antichute. Par conséquent, aucun équipement supplémentaire n'est nécessaire. C'est la méthode de sauvetage **la plus simple, rapide et sûre!**

Exemples :

Assurance avec une corde :

- La corde du système d'arrêt des chutes est reliée au point d'ancrage mais **pas** de manière **fixe** (à aide d'un demi-nœud de cabestan ou de blocage ou d'un dispositif d'assurance approprié).
- Il convient de prévoir une **réserve de corde** suffisamment longue.
- En cas d'urgence, l'ancrage peut être défait sous charge et la personne descendue à l'aide d'une corde vers un emplacement sûr.

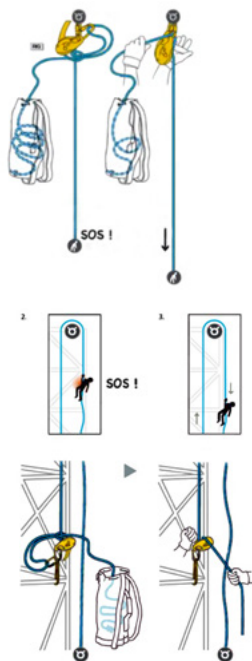


Fig.27 : Rig for rescue (Petzl)

Le système peut être appliqué depuis un endroit situé au-dessus de la personne à secourir ou en dessous. Dans ce cas, il faut utiliser un point de renvoi.

Assurance à l'aide d'un antichute à rappel automatique avec fonction de sauvetage :

- En cas de chute, l'antichute se bloque immédiatement (comme une ceinture de sécurité) ou fait descendre la personne de manière contrôlée.

La manivelle de sauvetage permet de faire monter ou descendre la personne depuis le haut.



Fig.28 : Sauvetage avec antichute à rappel automatique (OFPP)

Méthode de sauvetage avec un équipement supplémentaire

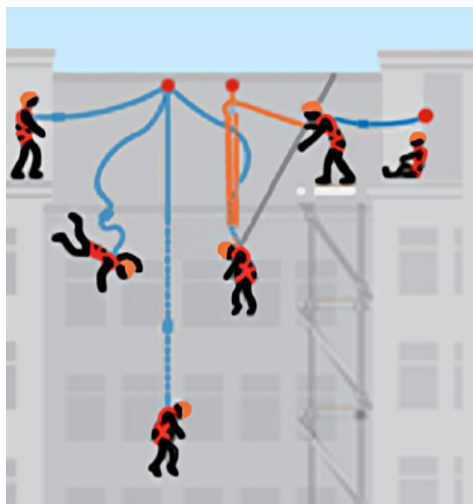


Fig. 29 : Sauvetage improvisé avec un équipement supplémentaire

L'équipement de sauvetage peut comprendre un palan improvisé (deuxième corde), un dispositif commercial de sauvetage spécial ou un tire-câble certifié.

L'équipement de sauvetage doit être transporté dans un sac séparé (**sac de sauvetage rouge**) et ne pas être utilisé à d'autres fins. En général, une tige télescopique peut servir à atteindre des points à une distance maximale de 5 m.

Procédure :

1. Fixer le système de sauvetage à un ancrage situé au-dessus.
2. Faire descendre la corde de sauvetage vers la personne ou la lui tendre avec une tige télescopique.
3. Demander à la personne de fixer la corde à son harnais ou utiliser la tige télescopique pour le faire à sa place.
4. Le cas échéant, tirer la personne jusqu'aux points d'ancrage afin qu'elle puisse s'en détacher.
5. Monter ou descendre la personne à l'aide du système de sauvetage vers un lieu sûr.

Le sauvetage avec un équipement ad hoc nécessite un matériel supplémentaire et une formation plus longue. Pour ces deux raisons, il est peu approprié à une organisation de milice comme la protection civile où les temps de formation sont très limités.

Si un sauvetage immédiat avec une méthode simple n'est pas possible, toujours solliciter en premier une aide professionnelle !

Méthodes de sauvetage complexes

Sont considérées comme méthodes de sauvetage complexes :

- Le sauvetage d'une personne qui, en raison de ses blessures ou parce qu'elle est bloquée, doit être rejointe en descendant à l'aide d'une corde ou en grimpant vers elle. Elle doit ensuite être assurée, libérée et accompagnée lors du sauvetage.
- L'auto-sauvetage : la personne peut descendre en rappel ou remonter le long de la corde.

Ce type de sauvetage exige des compétences particulières de la part des secouristes. Celles-ci font partie de la catégorie « Travail sur cordes / Sauvetage organisé » et requièrent une formation certifiée. En effet, comment faire si le sauveteur est accidenté ou retenu dans le système de sauvetage ? En raison de leur complexité et des risques encourus, ces méthodes ne sont pas appropriées à la sécurité antichute pratiquée par la protection civile.

Les actions de sauvetage complexes doivent être réalisées exclusivement avec l'aide de personnel spécialisé !

Règles de sécurité concernant l'utilisation du matériel

Risques de détérioration

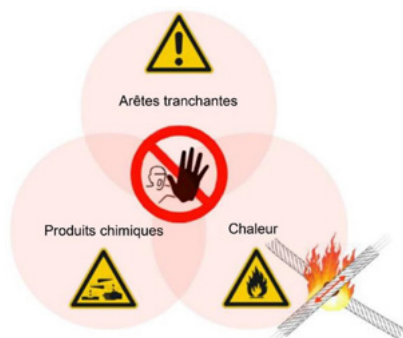


Fig. 30 : Risques de détérioration (Gantner/Merkt)

Les dommages aux équipements doivent être évités à tout prix, qu'il s'agisse de dégâts mécaniques, thermiques ou chimiques. Cela vaut tout particulièrement pour les éléments textiles, tels que les cordes, sangles ou courroies, qui sont moins résistants.

Détériorations mécaniques causées par des arêtes vives :

- Éviter que les longues en textile soient en contact avec des bords tranchants. Utiliser des protections ou des longues testées sur arêtes vives.
- **Règle approximative** : est considéré comme arête vive tout ce qui est plus tranchant que l'arrondi d'un mousqueton.
- Lors de travaux avec des appareils tranchants (couteaux, tronçonneuses, découpeuses à disque, etc.), il convient d'utiliser dans la zone de travail de l'appareil (règle approximative : dans un rayon de 2 m) une longe avec une protection contre les coupures (p. ex. avec une âme en métal).

Remarque : une tronçonneuse peut sectionner même un câble !

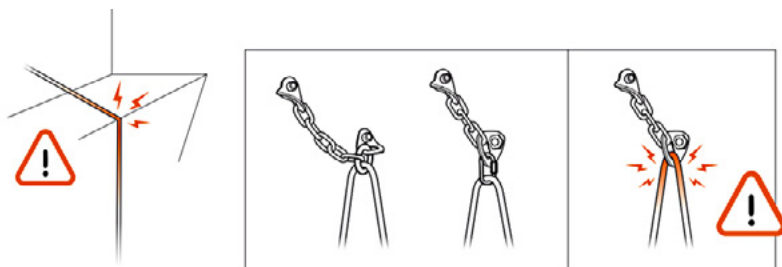


Fig. 31 : Corde sous tension sur des arêtes vives (Petzl)

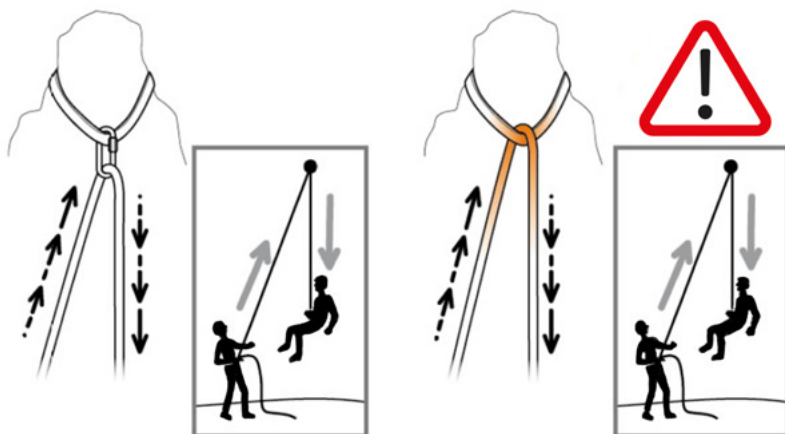


Fig. 32 : Brûlure de la corde (Petzl)

Détériorations thermiques dues aux frottements :

- La température de fusion des fibres textiles est souvent basse.
- Ne **jamais** faire passer une corde par-dessus un anneau de corde ou une sangle. Toujours utiliser des mousquetons pour la connexion.

Détériorations chimiques :

- Les détériorations chimiques de l'équipement en matières textiles dues aux acides, aux produits de nettoyage, etc. sont souvent difficiles à détecter et par conséquent très insidieuses.
- **L'acide sulfurique** (provenant de batteries de voiture, d'ateliers, etc.) représente un danger particulier. Les dégâts ne sont pas visibles, mais la corde est entièrement **détruite**.
- Le matériel métallique risque d'être endommagé par la corrosion.
- Toujours protéger le matériel, que ce soit lors de l'entreposage ou du transport. Les extrémités de corde doivent être protégées et **ne pas** dépasser des sacs !
- Jeter **immédiatement** le matériel ayant été en contact avec des produits chimiques.

Chute pendulaire et corde détendue

Chute pendulaire

Règle approximative pour déterminer la zone de travail autorisée près du bord de chute (déviations latérales à angle droit par rapport au point d'ancrage) : angle d'ouverture maximal par rapport au point d'ancrage $\leq 20^\circ$ (10° à gauche et 10° à droite), déviation latérale par rapport au bord de chute jamais plus de **1,5 m** de part et d'autre.

Les chutes pendulaires doivent être évitées !

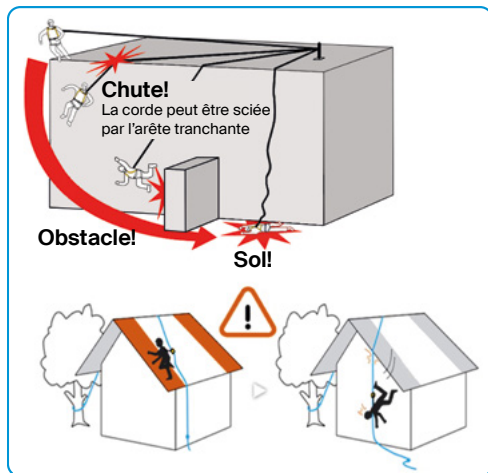


Fig. 33 : Risque de chute pendulaire (Petzl)

- Si un travail en dehors de la zone autorisée ne peut être évité, il convient de réaliser un nouvel ancrage ou de travailler avec une ligne de vie.

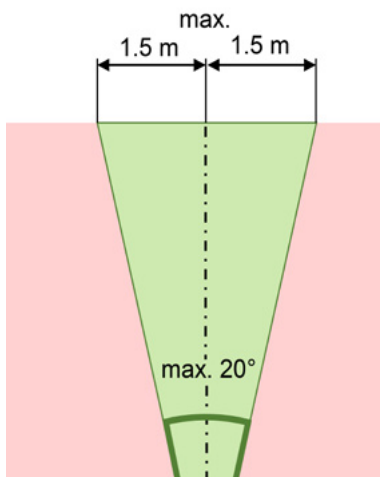


Fig. 34 : Règle approximative pour déterminer la zone de travail autorisée près du bord de chute (croquis) (OFPP)

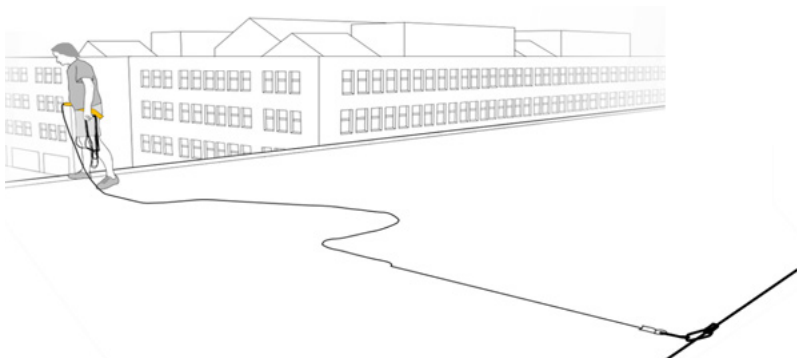


Fig.35 : Risques liés à une corde détendue (Petzl)

Corde détendue

- Une corde détendue augmente le risque de chute, la distance de chute, le risque de blessure et la force de choc.
- Toujours assurer la personne en maintenant la corde tendue – éviter à tout prix une corde détendue !

Longes

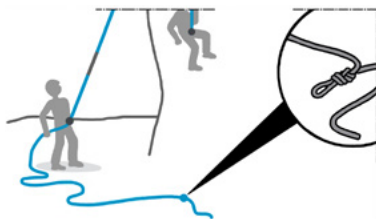


Fig.36 : Chaque extrémité de corde doit être sécurisée (Petzl)

Faire un nœud (nœud de huit) aux extrémités de corde libres ou les attacher à un point fixe pour éviter qu'elles ne glissent entre les mains.

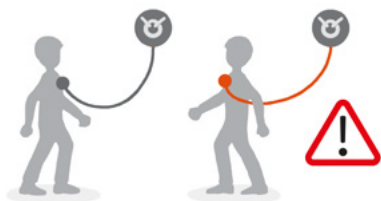


Fig. 37 : Position de la longe (Petzl)

Ne jamais faire passer la longe sous le bras ou entre les jambes. Risque de blessure en cas de chute !

Assurer à partir d'un point fixe

Une personne doit toujours être assurée à partir d'un point d'ancrage. **Ne jamais** faire d'assurage direct (corde fixée au harnais de l'assureur).

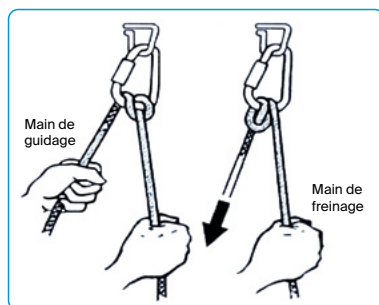


Fig.38 : Assurer à partir d'un point fixe avec un demi-nœud de cabestan (Université de Munich)

La corde doit toujours être manipulée en utilisant les deux mains. La main qui tient le brin de guidage, directement relié à la personne assurée, sent immédiatement la corde se tendre en cas de chute. La main de freinage serre la corde et la chute est arrêtée de manière dynamique (demi-nœud de cabestan ou dispositif d'assurage). La main de freinage ne doit **jamais** lâcher la corde !

Contrôle de sécurité

Avant l'utilisation d'un système de sécurité, l'ensemble de la chaîne d'assurage doit **toujours** être contrôlé. Ce contrôle de sécurité (appelé aussi contrôle mutuel) repose sur le principe de la double vérification.

H	Harnais	Fermés correctement? Point d'attache correct?
N	Nœuds	Extrémités de corde suffisamment longues? Nœud formé correctement? Extrémités de corde sécurisées?
M	Mousquetons	Mousqueton fermé et vis serrée? Pas de charge incorrecte?
A	Dispositif d'assurage (appareils)	Fermé correctement? Corde placée correctement? Fonctionnement vérifié?
.COM	Communication	Communication assurée?

Tab. 8 : Contrôle de sécurité

Nœuds

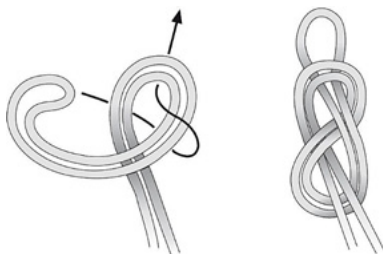
Généralités

Les nœuds **réduisent** la solidité d'une corde jusqu'à 50 % ! Ce pourcentage est encore plus élevé avec des longes en Dyneema ou aramide. Il faut absolument éviter de nouer ce type de longes.

Les nœuds se serrent sous la charge de la chute, ce qui raccourcit l'extrémité de corde libre. C'est pour cette raison que sa longueur doit être au moins égale à **10 x le diamètre** de la corde. **Règle approximative** : cela équivaut à la largeur de deux mains.

Soigner la réalisation des nœuds.
«Seul un nœud bien réalisé est un nœud solide.»

Pour l'amarrage:



Nœud de huit

Utilisation

- Fixer la corde au harnais
- Fixer la corde à un point fixe
- Point d'ancrage pour un dispositif d'assurage
- Réaliser un point fixe sur une corde
- Sécuriser les extrémités de corde

Remarques

- Nœud de base pour la sécurité antichute
- Peut s'ouvrir assez facilement, même après avoir été sollicité
- Attention : lors d'une traction sur un anneau de corde noué avec le nœud de huit, le nœud peut s'ouvrir en se déroulant

Pour l'encordement:

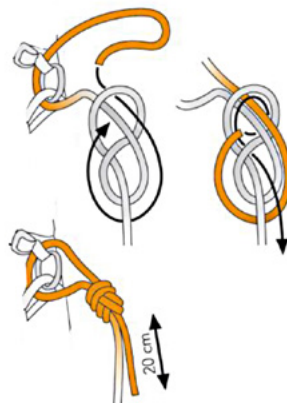
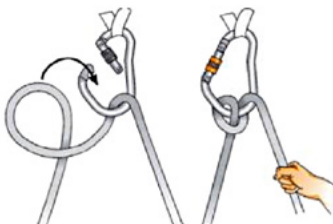


Fig.39 : Nœuds de huit (CAS)

Demi-nœud de cabestan et nœud de blocage

Demi-nœud de cabestan:



Demi-nœud de cabestan avec nœud de blocage:

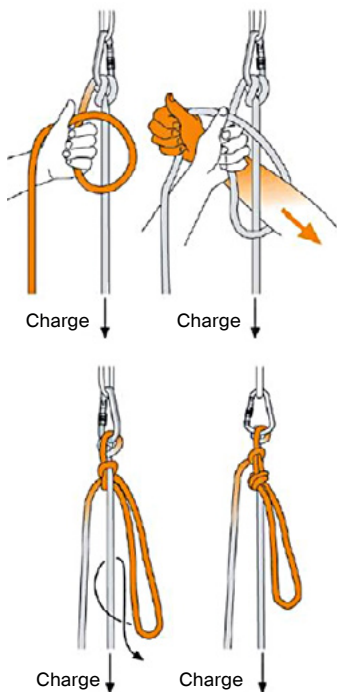


Fig. 40 : Demi-nœud de cabestan et nœud de blocage (HMS)

Utilisation

- Pour assurer **une seule** personne, que ce soit avec le système de retenue, de maintien au poste de travail ou d'arrêt des chutes
- Descente en rappel passif d'**une seule** personne dans le cadre d'un sauvetage improvisé
- En combinaison avec un nœud de blocage : maintenir la position d'une personne qui a chuté
- En combinaison avec un nœud de blocage : réaliser un ancrage amovible

Remarques

- Utiliser uniquement avec des mousquetons HMS en forme de poire
- Le demi-nœud de cabestan n'est pas autobloquant, la corde de freinage doit être tenue **en permanence** par une main au moins
- Avec des personnes inexpérimentées, prévoir deux personnes pour tenir la corde de freinage
- Toujours attacher le demi-nœud de cabestan HMS à un ancrage
- Ne jamais laisser passer la corde sur le système de verrouillage du mousqueton
- Porter des **gants** pour assurer!
- Force de freinage : entre 2,5 et 3,5 kN

Ne jamais lâcher la corde de freinage !

Nœud de cabestan

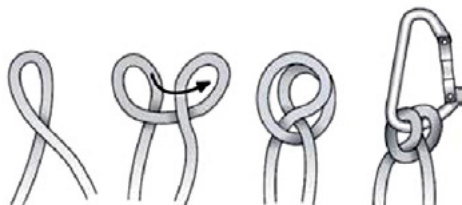


Fig. 41 : Nœud de cabestan (CAS)

Utilisation

- Fixer une corde ou une sangle à un point d'ancrage (mousqueton, structure)

Remarques

- Peut être déplacé quand il n'est pas sous charge
- Sécuriser l'extrémité de corde libre avec un double nœud de pêcheur

Double nœud de pêcheur

Utilisation

- Relier des cordes présentant un diamètre identique
- Sécuriser les extrémités de corde

Remarques

- Veiller à ce que le nœud soit réalisé proprement

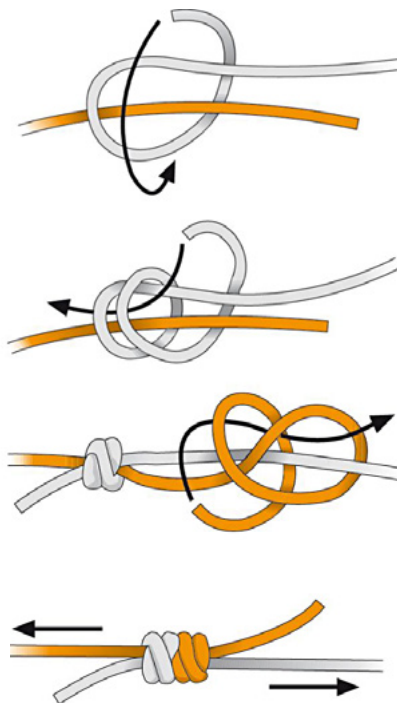


Fig. 42 : Double nœud de pêcheur (CAS)

Nœud de Machard

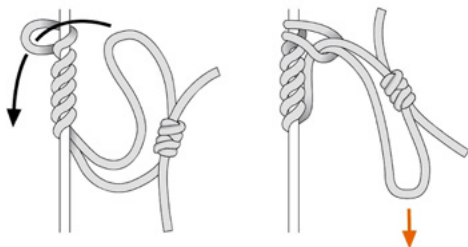


Fig. 43 : Nœud de Machard (CAS)

Utilisation

- Fixer la pédale à la corde tendue pour éviter le syndrome du harnais
- Réaliser sur une corde un point d'attache déplaçable pour un palan (sauvetage improvisé)

Remarques

- C'est un **nœud de support** – ne **jamais** l'utiliser comme point d'ancrage dans un système de sécurité antichute !
- Peut être déplacé sur la corde quand il n'est pas sous charge
- Se bloque sur une cordelette ou une sangle
- Respecter un rapport de 2:1 entre le diamètre de la cordelette et celui de la corde
- Faire au moins 3 à 4 tours
- Se bloque uniquement dans un sens

Ancrages

Définition d'un ancrage (système d'ancrage)

1. Point d'ancrage

Permet de fixer la longe du système de sécurité.

2. Dispositif d'ancrage

Par exemple : anneau de sangle ou élingue en câble métallique.

3. Structure (point fixe)

Par exemple : arbre, élément en acier ou en béton, plafond en béton (tout ce qui ne peut être enlevé sans être détruit ou arraché). N'est **pas** concerné par la norme EN. C'est le **distributeur** qui est seul **responsable** de la charge admissible !

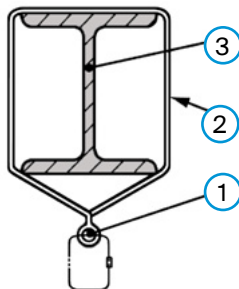


Fig. 44 : système d'ancrage selon la norme EN 795

Un ancrage au sens de ce document comprend tous les éléments d'un système d'ancrage selon la norme EN 795 !

Charge de rupture minimale au point d'ancrage

Ancrage réalisé par ses propres moyens

Charge de rupture minimale

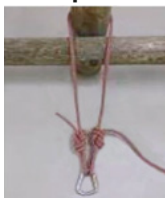
Sécurité antichute:

- Charge max. $\leq 6 \text{ kN}$
Point d'ancrage $\geq 12 \text{ kN}$
- Charge max. $> 6 \text{ kN}$
Point d'ancrage $> 22 \text{ kN}$



La solidité de l'ancrage doit obligatoirement pouvoir être évaluée par soi-même!

Exemples



Ancrage autour d'un mât



Ancrage dans le béton



Ancrage au faîte

Ancrages normés et réalisés par des tiers

Charge de rupture minimale

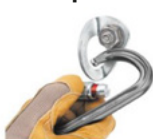
La solidité est garantie par des normes, le fabricant et le distributeur.



Il convient d'appliquer les prescriptions du fabricant / du distributeur!

L'utilisateur se contente d'effectuer un contrôle visuel du matériel.

Exemples



Ancrage dans le béton



Crochet de toit



Trépied mobile



Ligne de vie

Fig. 45 : Charge de rupture minimale au point d'ancrage (OFPP)

Des forces de charge de plus de 6 kN peuvent se produire, par exemple aux points d'ancrage servant de point de renvoi !

Les charges de rupture minimales indiquées pour les points d'ancrage s'appliquent uniquement à l'assurage d'une seule personne !

Règle approximative : Choisissez pour vous assurer des points d'ancrage auxquels vous attacheriez votre voiture !

Choix des points d'ancrage

Choisissez si possible des points d'ancrage situés au-dessus de la personne à assurer et dans la ligne de chute !

Points d'ancrage possibles sur le lieu d'intervention :

- Structures : arbres, piliers en bois, en acier ou en béton
- Ancrages dans le béton 5 t de la protection civile
- Ancrages dans le béton selon la norme EN 795 (toujours **deux** points par ancrage)
- Trépied EN 795 et autres moyens d'ancrage mobiles selon la norme EN 795
- Ancrages titan de la protection civile (ancrages dans le sol)
- Barres d'échafaudage et éléments d'échafaudage homologués (p. ex. disques perforés)
- Autres constructions auxiliaires suffisamment résistantes

Amarrer les longes

Fixer des anneaux de sangles

- Choisir si possible la variante garantissant le plus de solidité.
- Veiller à protéger les sangles des arêtes vives !
- En cas de doute, utiliser deux sangles de manière redondante !

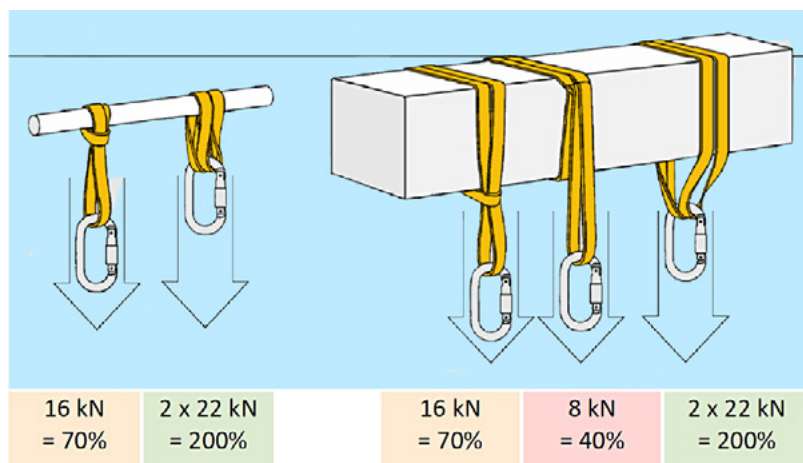


Fig. 46 : Effets des différentes variantes pour fixer un anneau de sangle EN 795
(charge de rupture minimale = 22 kN) par rapport à la solidité du point d'ancrage (Gantner/Merkt)

Ancrage à un point



Fig. 47 : Ancrage à un point
(schéma) (OFPP)

- **Un seul** point fixe pour réaliser cet ancrage.
- Il n'offre **pas** de redondance lorsque le point fixe cède !

Les ancrages à un point doivent être contrôlés et d'une solidité à toute épreuve (la charge de rupture est nettement plus élevée que la charge de rupture minimale)!

- En cas de doute, préférer toujours un ancrage à points multiples.

Exemples d'ancrage à un point :

Ancrage réalisé avec une corde passée autour d'un arbre (corde simple ou double, avec un nœud de huit)



Fig. 48 : Ancrage à un point (FSSP)

Ancrage réalisé avec un anneau de sangle 22 kN passé autour d'une poutre

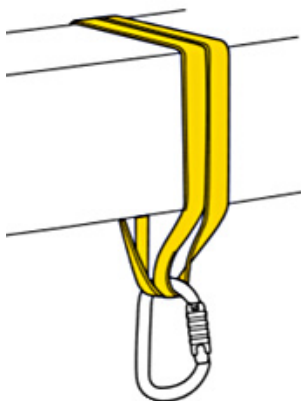


Fig. 49 : Ancrage avec un anneau de sangle (Petzl)

Ancrage réalisé sur un ancrage en béton homologué

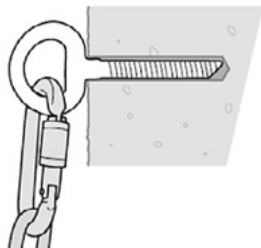


Fig. 50 : Ancrage adhésif (Petzl)

Ancrage réalisé sur une barre d'échafaudage avec un crochet d'échafaudage autorisé



Attention : les connecteurs non homologués peuvent se briser !

Fig. 51 : Assurage sur un échafaudage (D-A-CH-S)

Ancrage à points multiples

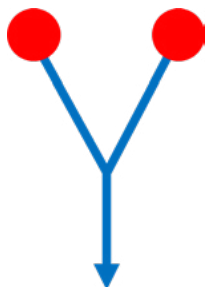


Fig.52 : Ancrage à points multiples (schéma)
(OFPP)

Généralités

- Ce type d'ancrage redondant est réalisé à partir de **deux** points fixes au minimum, **reliés** par liaison de force.
- Les points fixes supportent **ensemble** les forces agissantes. En cas de rupture d'un des points, les forces sont absorbées par les autres.
- Le choix d'un ancrage à points multiples s'impose lorsque l'on est confronté à des points fixes peu résistants ou difficiles à évaluer.
- Les différents points fixes devraient être d'une solidité comparable.
- La distance horizontale entre les points fixes ne devrait jamais excéder **2 m** (mouvement dynamique latéral de la corde en cas de rupture d'un point fixe).
- Il convient de tenir compte des rapports d'angles.

Les ancrages à points multiples doivent toujours être réalisés de telle sorte que la rupture d'un point fixe n'entraîne pas la défaillance de tout le système d'ancrage !

Ancrage statique à points multiples

- Le point d'ancrage est solidement relié aux points fixes. En cas de rupture d'un de ces points, la charge est absorbée par les autres points sans que cela ne cause une réaction dynamique importante.
- Type d'ancrage idéal lorsque la direction de traction est définie et constante.
- Attention : la direction de traction ne doit pas se modifier de manière sensible ! Le cas échéant, la force est absorbée par un seul point fixe. Une rupture de ce dernier entraîne une réaction dynamique (choc) en raison des liens détendus. Et, par la suite, les points fixes peuvent être arrachés l'un après l'autre (« principe de la fermeture éclair ») !

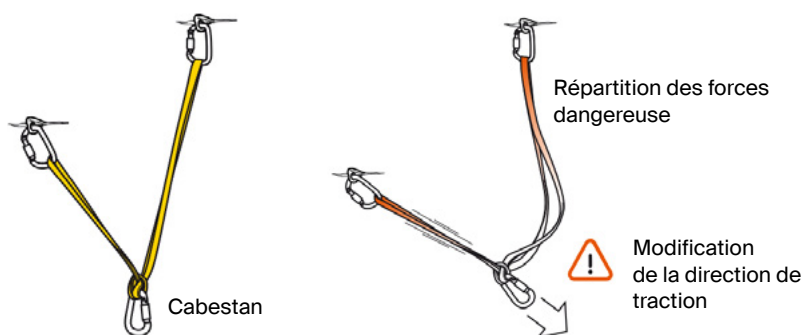


Fig. 53 : Ancrage redondant statique avec deux points fixes et une sangle (Petzl)

Exemples d'ancrage statique à points multiples :

Ancrage statique à points multiples réalisé avec une corde passée autour de deux arbres et au moyen de nœuds de huit

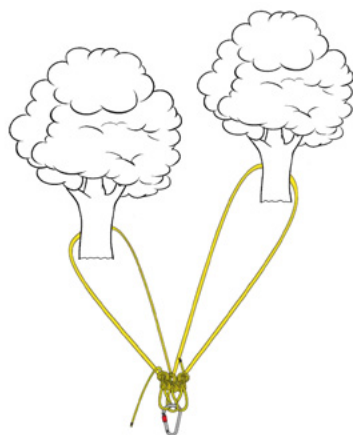


Fig. 54 : Ancrage à deux points (FSSP)

Ancrage statique à points multiples réalisé avec une corde reliée à trois points fixes et au moyen de nœuds de huit

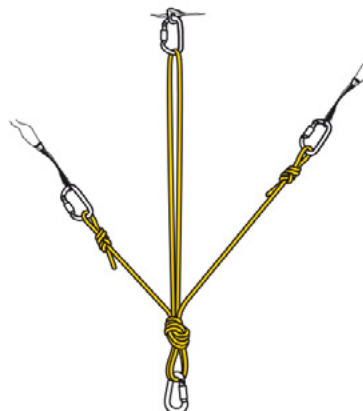


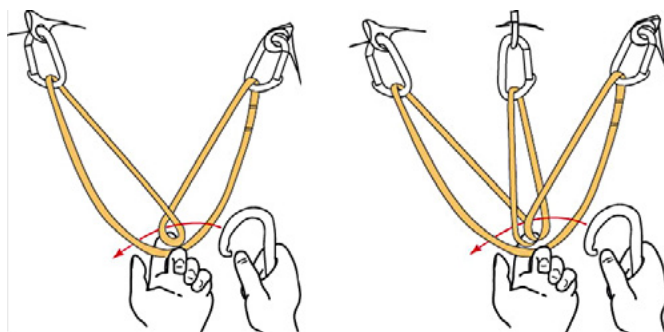
Fig. 55 : Ancrage à trois points (Petzl)

Ancrage dynamique à points multiples : relais triangulé

Attention : les relais triangulés sont difficiles à réaliser correctement. Leur installation est réservée au personnel compétent !

- En cas de modification de la direction de traction, la charge est toujours répartie sur tous les points fixes.
- L'ancrage est généralement réalisé à l'aide d'un anneau de sangle.

- Afin d'éviter une défaillance complète de l'ancrage si un des points fixes cède, il faut impérativement tourner les sangles (demi-tour) avant de les fixer.
- La défaillance d'un des points fixes entraîne une réaction dynamique (choc) en raison des anneaux de sangle détendus. Les sangles doivent donc être courtes ou munies d'un nœud de huit.



Relais triangulé réalisé avec deux ou trois points fixes

Tourner les sangles sur le **même** côté !

Fig. 56 : Relais triangulés (escalade)

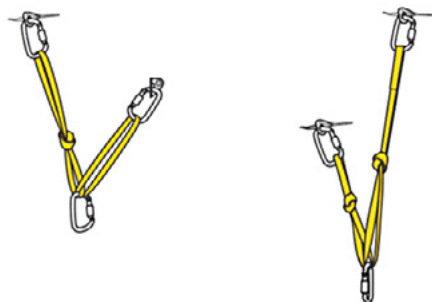


Fig. 57 : Relais triangulé avec un ou deux nœuds de huit (Petzl)

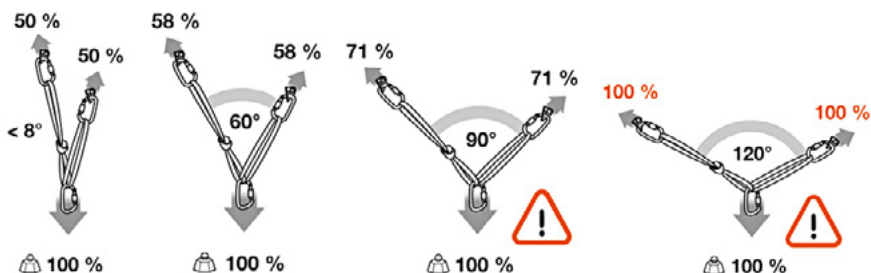


Fig.58 : Influence de l'angle sur des ancrages à deux points fixes (Petzl)

Conséquences de l'angle de la triangulation (ancrages à points multiples)

- Plus l'angle d'ouverture est grand, plus la charge exercée sur les points fixes est élevée, ce qui réduit la solidité de l'ancrage !
- Les angles compris entre 0° et 60° permettent de réaliser les ancrages les plus solides.
- Un angle de $\geq 120^\circ$ ne permet pas d'obtenir la répartition de charge recherchée !
- La distance horizontale séparant deux points fixes ne doit jamais excéder 2 m.

Pour obtenir une répartition des charges, l'angle d'ouverture ne doit jamais excéder 90°!

Techniques d'assurage

Généralités

Les techniques d'assurage présentées ci-après constituent un choix de techniques appropriées aux interventions de la protection civile. Il s'agit de « solutions par branche », c'est-à-dire de techniques qui sont utilisées sous une forme comparable par les différents partenaires de la protection de la population (sauteurs-pompiers, services de sauvetage, sauvetage alpin) et par l'armée (troupes de sauvetage). Un équipement minimal permet de couvrir un vaste champ d'application.

Ces techniques correspondent aux méthodes utilisées également dans le monde professionnel civil, même si quelques différences ponctuelles sont possibles. Ainsi, les couvreurs et monteurs d'échafaudages privilégieront des systèmes préfabriqués et simples à utiliser. L'installation de systèmes de sécurité sur place ou l'utilisation de nœuds (p. ex. demi-nœud de cabestan) ne sont tolérées que sous certaines conditions, voire pas du tout.

Par la suite, on fera une distinction entre **l'assurage effectué par une seconde personne** et **l'auto-assurage**.

Assurage par une seconde personne

- La personne est assurée par une seconde personne depuis un emplacement sûr. En général, elle ne doit rien installer ou déplacer pour sa sécurité dans la zone de chute et peut se concentrer sur sa tâche. Cette méthode est par conséquent sûre et le risque d'erreurs est faible.
- La personne assurée est surveillée en permanence pendant son intervention par son assureur. Le travail individuel est exclu.
- Comme la personne est assurée par une corde, le système de sauvetage improvisé est déjà intégré dans le système de sécurité (rig for rescue). En cas d'urgence, l'assureur peut immédiatement faire descendre la personne depuis son emplacement (à condition que la réserve de corde soit suffisante).

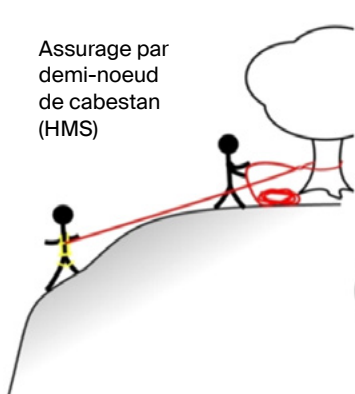
Auto-assurance

- La personne doit veiller à sa propre sécurité. Dans la zone de chute, elle doit fixer elle-même la longe ou la faire suivre. Cette technique peut conduire des personnes peu expérimentées à faire des erreurs fatales.
- La surveillance par une seconde personne doit être organisée.
- En règle générale, le sauvetage improvisé ne peut pas être intégré. Si la personne fait une chute et est retenue par le système de sécurité, le sauvetage peut, selon la situation, être difficile, voire impossible pour le personnel de milice.

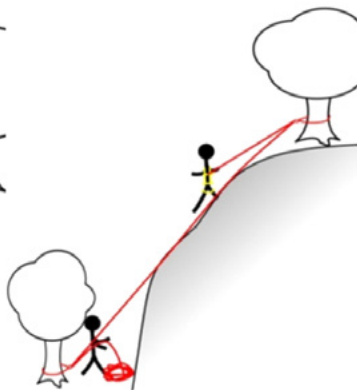
**Pour les interventions,
privilégier l'assurance par une
seconde personne chaque fois
que c'est possible!**

Vue d'ensemble des techniques d'assurance

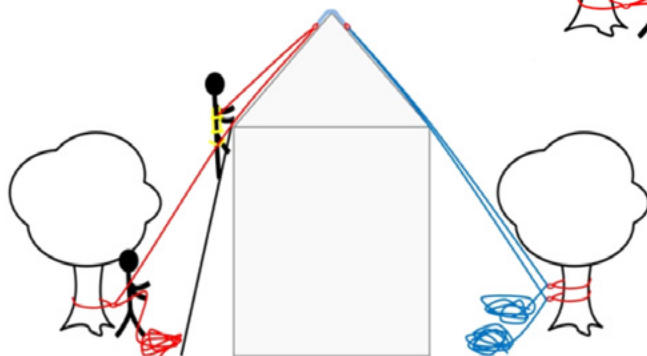
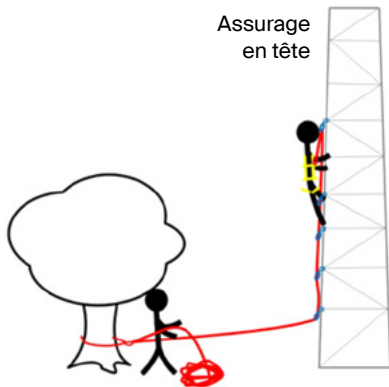
Assurance par
demi-noeud
de cabestan
(HMS)



Assurance par une
seconde personne
en moulinette
direct / indirect



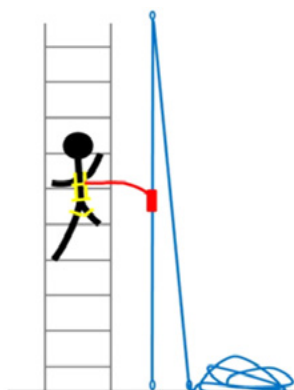
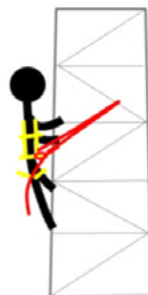
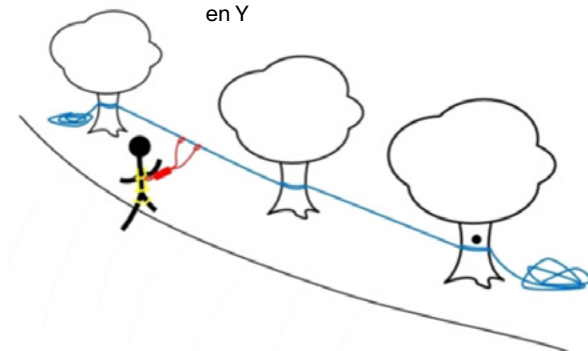
Assurance
en tête



Assurance par une
seconde personne
en moulinette avec
installation de corde

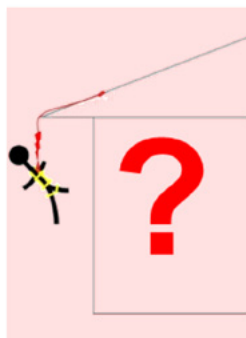
Auto-assurance avec
absorbeur d'énergie
en Y

Maintien de la
position



Auto-assurance
avec absorbeur
d'énergie en Y

Auto-assurance avec
un antichute mobile



Sauvetage
improvisé

Fig. 59 : Techniques d'assurance pour la protection civile (OFPP)

Assurage par une seconde personne : assurage en moulinette

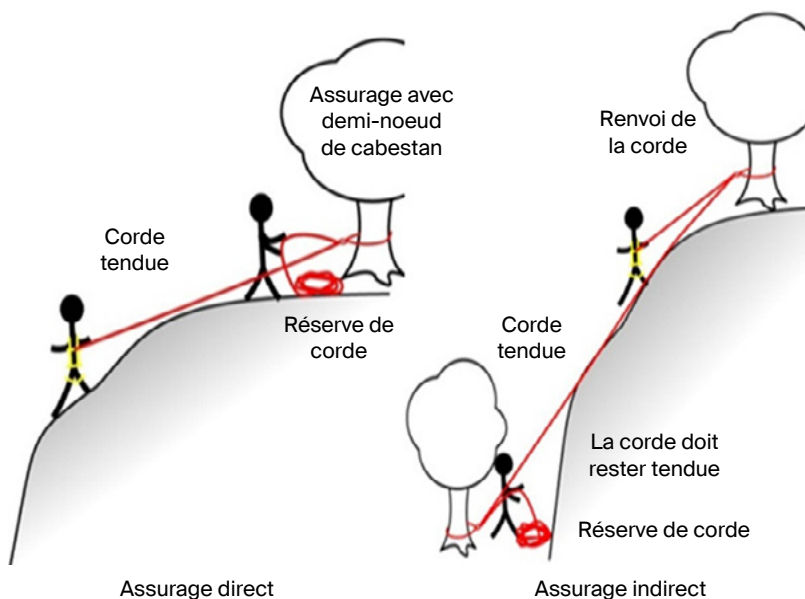


Fig. 60 : Assurance partenaire en moulinette (OFPP)

Utilisation:

- Système de retenue
- Système de maintien de la position (uniquement avec un assurage complémentaire)
- Système d'arrêt des chutes (uniquement avec harnais anti-chute et corde dynamique)

Conditions d'utilisation:

- Il est possible d'installer un point d'assurage / de renvoi au-dessus de la personne assurée.
- La zone d'intervention se situe dans la ligne de chute de la corde d'assurage.
- Hauteur de la zone de chute < longueur de la réserve de corde

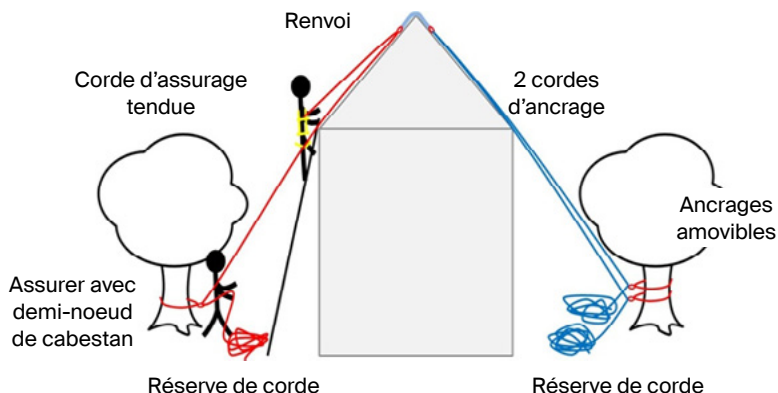
Description / Détails:

- Assurance direct ou indirect par une seconde personne avec un demi-nœud de cabestan ou un dispositif d'assurance homologué.
- Maintenir la corde tendue pour éviter la chute ou limiter considérablement la hauteur de chute.
- La corde suit toujours la ligne de chute afin d'éviter une chute pendulaire.
- Lors de l'utilisation comme système d'arrêt des chutes, uniquement avec un harnais antichute et une corde dynamique afin de garantir continuellement une force de choc inférieure à 6 kN.

Sauvetage improvisé:

- Rig for rescue : descente en rappel passif de la personne à l'aide de la corde d'assurance. **Si cette méthode ne peut être appliquée immédiatement, toujours solliciter en premier une aide professionnelle !**
- Remonter la personne à l'aide d'un deuxième système à partir d'un emplacement sûr en ayant recours à plusieurs personnes, à un palan ou encore à un engin de sauvetage.

**Assurage par une seconde personne :
assurage en moulinette avec installation de la corde**



Utilisation:

- Pas de système de retenue
- Pas de système de maintien de la position
- Système d'arrêt des chutes (uniquement avec harnais antichute et corde dynamique)

Conditions d'utilisation:

- Le point d'assurage/point de renvoi au-dessus du lieu d'intervention n'est pas accessible par le haut.
- La corde peut être installée depuis le bas à l'aide d'un dispositif pour lancer la corde.
- Le point le plus haut est suffisamment solide.
- Le lieu d'intervention est situé dans la ligne de chute de la corde d'assurage.
- Hauteur de la zone de chute < longueur de la réserve de corde

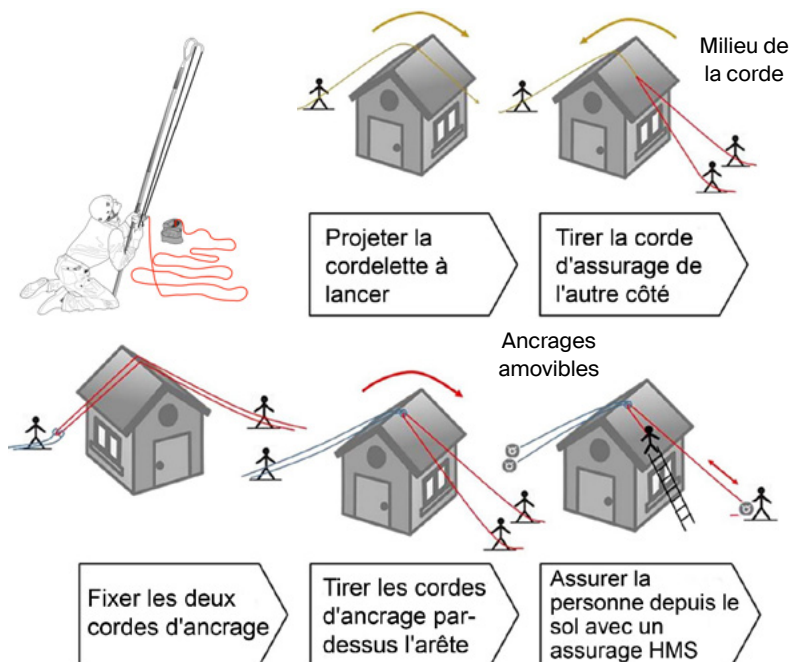
Description / Détails :

- Installer le système d'assurage depuis le bas à l'aide d'une cordelette à lancer (voir illustration page suivante).
- Utiliser deux cordes d'ancrage (redondantes) et les fixer à deux points d'ancrage indépendants avec un nœud qui peut être défait sous charge (demi-nœud de cabestan bloqué). Les cordes semi-statiques peuvent également être utilisées.
- Prévoir une réserve de corde suffisante pour le sauvetage.
- Pour éviter des torsions de corde, ne pas installer les cordes en parallèle mais en formant un V.
- Utiliser des élingues métalliques si la corde est en appui sur des arêtes vives.

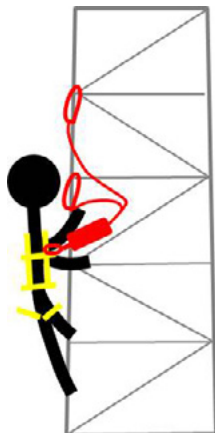
- Assurance indirect par une personne se trouvant au sol en utilisant un demi-nœud de cabestan ou un dispositif d'assurage homologué.
 - Maintenir la corde tendue pour éviter la chute ou limiter considérablement la hauteur de chute.
 - La corde suit toujours la ligne de chute afin d'éviter une chute pendulaire.
 - Lors de l'utilisation comme système d'arrêt des chutes, uniquement avec un harnais antichute et une corde dynamique afin de garantir continuellement une force de choc inférieure à 6 kN.
- Avec cette technique d'assurance, la personne reste assurée également au moment de franchir le point le plus haut.

Sauvetage improvisé :

Rig for rescue : descente en rappel passif de la personne à l'aide de la corde d'assurance ou des deux cordes d'ancrage. **Si cette méthode ne peut être appliquée immédiatement, toujours solliciter en premier une aide professionnelle!**



Auto-assurage avec absorbeur d'énergie en Y



Utilisation:

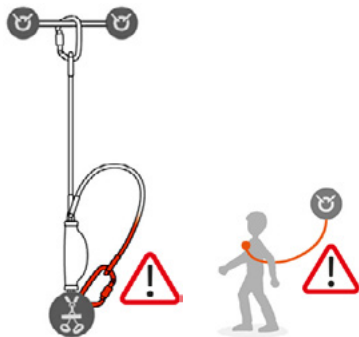
- Pas de système de retenue
- Pas de système de maintien de la position
- Système d'arrêt des chutes

Conditions d'utilisation:

- Un assurage depuis le haut à partir d'un point d'assurage ou de renvoi est impossible ou peu approprié.
- Il existe suffisamment de points d'ancrage solides (crochets, barres d'échafaudage, ligne de vie, etc.) espacés de 1 m au maximum (solidité ≥ 12 kN).
- On peut procéder à un sauvetage improvisé depuis le haut à partir d'un emplacement sûr.

Description / Détails :

- En principe, appliquer les prescriptions du fabricant !
- Permet à la personne assurée de se déplacer verticalement et horizontalement en s'assurant aux différents points d'ancrage.
- La personne risque de se blesser en cas de chute.
- Forme d'auto-assurance qui exige un harnais antichute.
- Si possible, toujours fixer les deux longues (mousquetons dans le sens opposé).
- Si possible, maintenir le facteur de chute en dessous de 1, ne **jamais** dépasser un facteur de chute de 2.
- Ne **jamais** rallonger les longues (énergie cinétique trop élevée en cas de chute).
- Tenir compte de la distance de dégagement exigée ! Lorsque la personne assurée grimpe depuis le bas, cette distance n'est **pas encore** suffisante – dans de telles situations, fixer les longues au-dessus de la tête et **éviter** ab-



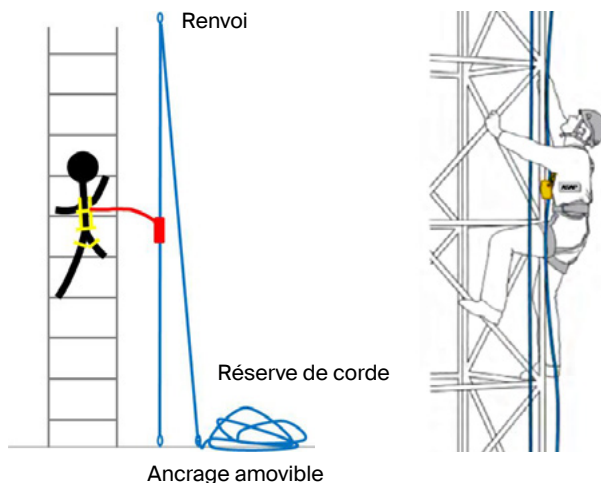
solument un facteur de chute > 1 .
Une chute au sol doit être exclue !

- Ne jamais fixer un des deux bras de la longe au harnais antichute (supprime l'effet de l'absorbeur d'énergie). Exception : des boucles de fixation homologuées dotées d'un point de rupture ou des absorbeurs d'énergie approuvés à cet effet.
- Ne jamais passer le bras par-dessus la longe – risque de blessure en cas de chute !
- Manipuler les bras de la longe d'une seule main afin d'éviter d'ouvrir les deux mousquetons en même temps, ce qui signifierait que la personne n'est plus assurée.
- Ce type d'auto-assurance ne convient pas au maintien de la position.

Sauvetage improvisé :

- Attention : le sauvetage d'une personne peut s'avérer très difficile, en particulier si elle est suspendue dans le vide et qu'elle ne peut agir (p. ex. : suspendue dans le vide sous un avant-toit).
Toujours solliciter en premier une aide professionnelle !
- Délester la personne avec la corde de sauvetage depuis le haut à partir d'un emplacement sûr en ayant recours à plusieurs personnes, à un palan ou encore à un engin de sauvetage. Décrocher la longe et faire descendre ou monter la personne au moyen de la corde.

Auto-assurage avec un antichute mobile



Utilisation:

- **Pas de** système de retenue
- **Pas de** système de maintien de la position
- Système d'arrêt des chutes

Conditions d'utilisation:

- Un assurage par une seconde personne depuis le haut à partir d'un point d'assurage ou de renvoi est impossible ou peu approprié.
- Il est possible d'installer un ancrage ou un point de renvoi au-dessus du lieu d'intervention.
- Le lieu d'intervention est situé dans la ligne de chute de la corde d'assurage
- Hauteur de la zone de chute < longueur de la réserve de corde
- On peut procéder à un sauvetage improvisé depuis le haut ou depuis le bas à partir d'un emplacement sûr.

Description / Détails :

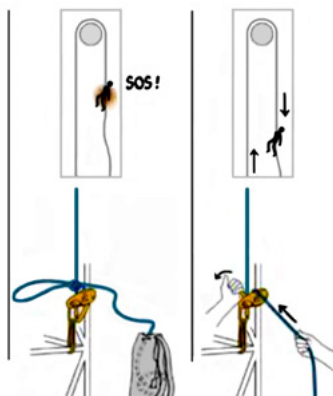
- En principe, appliquer les prescriptions du fabricant !
- Permet à la personne assurée de se déplacer verticalement et en diagonale.
- La personne risque de se blesser en cas de chute.
- Forme d'auto-assurance qui exige un harnais antichute.
- En règle générale, avec prescription d'une corde semi-statique.
- Il convient de garantir une distance de dégagement suffisante.
- Fixer la corde dans le point de renvoi situé en haut (solidité de l'ancrage ≥ 22 kN) et en bas avec un nœud qui peut être défait sous charge (demi-nœud de cabestan bloqué). Prévoir une réserve de corde suffisante pour le sauvetage.
- Limiter la distance de chute, veiller à ce que la position de la longe reste élevée (la coincer dans le pli du coude ou la placer par-dessus l'épaule).
- Maintenir la corde d'assurage tendue. Éviter à tout prix de détendre la corde ou de se placer au-dessus du point d'ancrage afin de ne pas rallonger la distance de chute au-delà de la limite autorisée. Mettre un poids à l'extrémité de la corde libre ou la fixer afin que l'antichute mobile se déplace de manière optimale et que la corde reste tendue.
- Quelques antichutes mobiles ne se bloquent qu'à partir d'une certaine vitesse. Pour s'assurer qu'ils freinent également à temps sur des surfaces inclinées, il est possible de faire un nœud de huit (nœud d'arrêt) dans la corde à la hauteur souhaitée.
- Ne jamais passer le bras par-dessus la longe – risque de blessure en cas de chute!



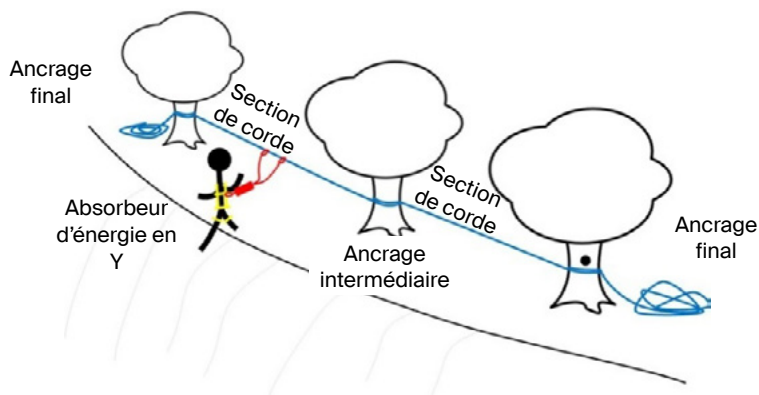
Sauvetage improvisé :

Rig for rescue: avec la corde d'assurage, freiner la descente de la personne bloquée dans le harnais.

Si cette méthode ne peut être appliquée immédiatement, toujours solliciter en premier une aide professionnelle !



Auto-assurage à la ligne de vie



Utilisation:

- Système de retenue
- **Pas de** système de maintien de la position
- Système d'arrêt des chutes (ré-servé au personnel bien formé!)

Conditions d'utilisation:

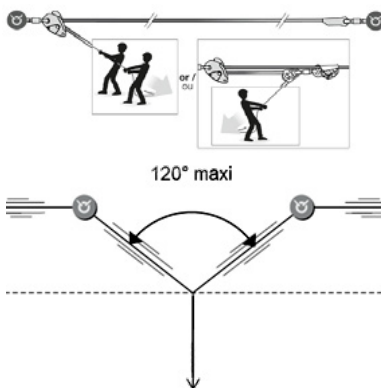
- Lorsque la personne doit traverser une zone de chute horizontale ou qu'elle doit y travailler.
- Les personnes qui installent la ligne de vie doivent pouvoir être assurées.
- Un sauvetage improvisé par le haut à partir d'un emplacement sûr peut être réalisé à n'importe quel point de la ligne de vie.

Description / Détails :

- Pour les systèmes commerciaux, il convient d'appliquer les prescriptions du fabricant !
- Permet à la personne assurée de se déplacer le long d'une ligne horizontale.
- Lorsque ce dispositif est utilisé comme système d'arrêt des chutes :
 - la personne assurée risque de se blesser ;
 - le sauvetage improvisé peut s'avérer difficile ;
 - il est réservé au personnel qualifié ;
 - il convient de prévoir une distance de dégagement suffisante.
- Les cordes semi-statiques sont particulièrement appropriées. Avec des cordes dynamiques, la déformation (flèche) est importante en cas de chute.
- L'utilisation de câbles métalliques et de tire-câbles (« Habegger ») de la protection civile est sûre en cas d'installation correcte de la ligne de vie. Elle peut toutefois s'avérer **très dangereuse** et n'est par conséquent **pas appropriée** au personnel de milice de la protection civile. En outre, selon la plupart des fabricants, une telle utilisation du matériel n'est pas autorisée.

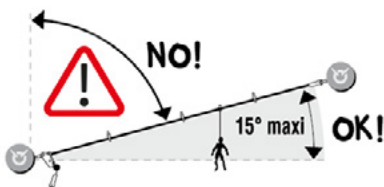


- Possibilités d'assurer la personne lors de l'installation de la ligne de vie : assurage en moulinette par le haut ou assurage en tête.
- Installer des ancrages à distance régulière (2 à 5 m) et fixer la corde.

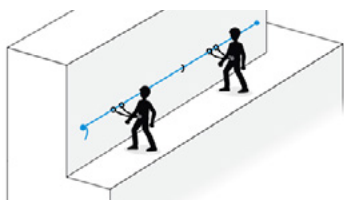


- Solidité des ancrages :
 Ancrages finaux : $\geq 22 \text{ kN}$
 Ancrages intermédiaires : $\geq 12 \text{ kN}$
- Pour tendre la ligne de vie :
 au maximum deux personnes ou une personne avec un palan 1:3.
 Lors du test de la tension, l'angle de la flèche ne doit pas être supérieur à 120° .
- La personne qui s'assure à une ligne de vie doit porter un harnais antichute avec un absorbeur d'énergie en Y (pour des raisons de sécurité, également pour un système de retenue). Elle est ainsi toujours assurée au moment où elle fixe le mousqueton à une nouvelle section de corde et, en cas de chute, la force de choc et la charge sur la chaîne d'assurage sont limitées à 6 kN.
- Si possible, ne pas dépasser le facteur de chute 1 !

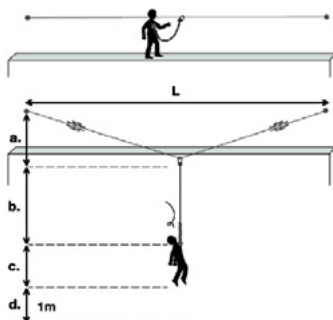
Inclinaison max. 15°!



Au maximum une personne par section de corde!



En cas de chute, la distance de dégagement requise comprend en plus la valeur de la flèche:



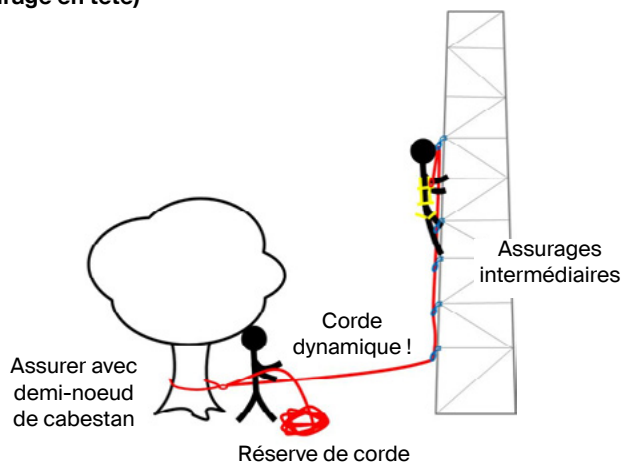
Rapport entre la valeur de la flèche et la longueur des sections de corde (valeurs indicatives):

L	2m	3m	5m	10m	15m	20m
a	0.5m	0.6m	1m	1.9m	2.8m	3.7m

Sauvetage improvisé:

- Attention : le sauvetage d'une personne peut s'avérer très difficile, en particulier si elle est suspendue dans le vide et qu'elle ne peut plus agir. **Toujours solliciter en premier une aide professionnelle !**
- Délester la personne avec la corde de sauvetage depuis le haut à partir d'un emplacement sûr en ayant recours à plusieurs personnes, à un palan ou encore à un engin de sauvetage. Décrocher la longe et faire descendre ou monter la personne au moyen de la corde.

Assurance par une seconde personne (assurance en tête)



Utilisation:

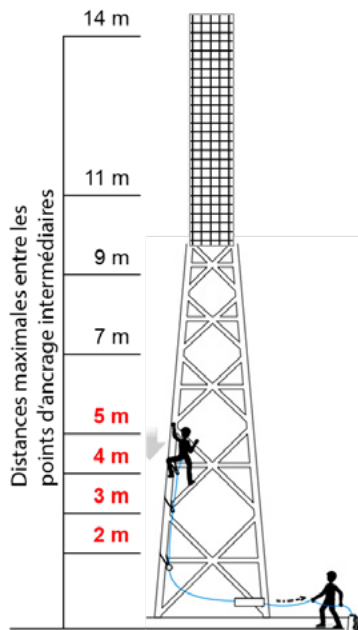
- Pas de système de retenue
- Pas de système de maintien de la position
- Système d'arrêt des chutes

Conditions d'utilisation:

- Le point d'assurage/point de renvoi au-dessus du lieu d'intervention n'est pas accessible par le haut.
- La corde ne peut être installée depuis le bas à l'aide d'un dispositif pour lancer la corde.
- Il y a suffisamment de points d'ancrage distants d'env. 1m pour les ancrages intermédiaires.
- Hauteur de la zone de chute < longueur de la réserve de corde

Description / Détails:

- Technique d'assurage qui comporte le plus de risques de blessure en cas de chute. Elle doit être réservée aux situations où les autres techniques d'assurage ne peuvent être utilisées.
- L'assurage en tête doit être réalisé par des personnes bien entraînées et en bonne forme physique.
- Utiliser un harnais antichute, une corde dynamique et un assurage dynamique (HMS ou dispositif d'assurage homologué).
- La personne grimpe en étant assurée par une seconde personne au sol. Elle installe des ancrages intermédiaires rapprochés et y fixe la corde à l'aide d'un mousqueton. Cela permet de limiter la hauteur et le facteur de chute.
- Bien planifier la voie à escalader en tête : accessibilité, risques, points fixes pour les ancrages intermédiaires, matériel requis.
- Maintenir la corde tendue tout en laissant juste assez de mou pour que la personne assurée puisse progresser librement.
- Une chute sur les premiers cinq mètres est particulièrement dangereuse. La distance entre les ancrages intermédiaires ne doit pas excéder **1 m**.
- La corde doit être fixée dans l'ancrage intermédiaire uniquement lorsque celui-ci se situe à **hauteur de poitrine** de la personne assurée. À défaut, elle risque de **chuter sur le sol** à cause du manque de tension dans la corde!

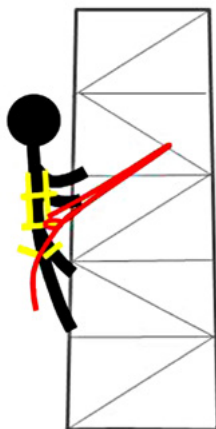


- Après une hauteur de 5 m, les distances entre les ancrages intermédiaires peuvent être de deux mètres, voire de trois mètres au-delà de 11 m.
- Solidité des ancrages intermédiaires : ≥ 22 kN
- Prévoir une réserve de corde suffisante pour le sauvetage improvisé.
- La corde ne doit jamais passer entre les jambes de la personne assurée.

Sauvetage improvisé:

Rig for rescue : descente en rappel passif de la personne assurée à l'aide de la corde d'assurage. **Si cette méthode ne peut être appliquée immédiatement, toujours solliciter en premier une aide professionnelle!**

Maintenir la position au travail



Utilisation:

- **Pas de** système de retenue
- Système de maintien de la position
- **Pas de** système d'arrêt des chutes

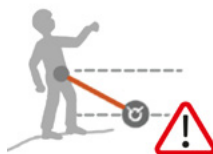
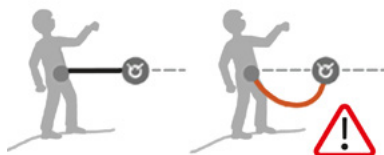
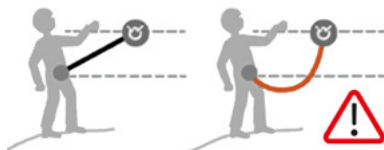


Conditions d'utilisation:

- Pour les tâches qui nécessitent de maintenir la personne au poste de travail afin qu'elle puisse travailler à mains libres.
- Il faut que la longe de maintien puisse être reliée à des ancrages solides.
- La personne doit toujours pouvoir poser les pieds sur une structure solide.
- À partir d'une hauteur de trois mètres, la personne doit également être assurée par un système d'arrêt des chutes.
- Un sauvetage improvisé simple est possible même si la longe de maintien est encore accrochée à un point d'ancrage.

Description / Détails :

- En principe, appliquer les prescriptions du fabricant.
- Les pieds doivent toujours reposer sur une structure solide, la personne ne doit pas être suspendue dans le vide !
- Ce système de sécurité est à utiliser de manière temporaire. Le poste de travail est accessible sans cordes.
- La longe de maintien peut être fixée aux deux points d'attache latéraux (toujours aux deux !) ou au point d'attache central.
- Une fois que la longe est accrochée, la personne doit se pencher en arrière **lentement**, ne pas se laisser tomber !
- À partir d'une hauteur de trois mètres, la personne doit également être assurée par un système d'arrêt des chutes.
- La longe de maintien doit toujours être accrochée à un point d'ancrage situé au-dessus du point d'attache du harnais ou à la même hauteur. La longe doit en outre toujours être tendue, il faut **absolument éviter** qu'elle serve à arrêter une chute (risque de blessures graves) !



- La personne ne doit **jamais** se trouver au-dessus du point d'ancrage.
- Lors de travaux avec des appareils tranchants, utiliser des langes avec une protection contre les coupures.

Sauvetage improvisé :

- Attention : le sauvetage d'une personne qui est maintenue à son poste de travail et qui est incapable d'agir peut-être très difficile!
- Sauvetage simple selon le système d'arrêt des chutes supplémentaire. **Si cette méthode ne peut être appliquée immédiatement, toujours solliciter en premier une aide professionnelle!**

Sécurité antichute lors de la pose de lignes aériennes



Systèmes de sécurité adaptés:

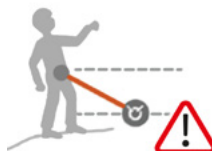
- **Pas de** système de retenue
- Systèmes de maintien de la position
- **Pas de** système d'arrêt des chutes

Conditions d'utilisation:

- Lors de travaux réalisés sur un mât dans le cadre de la **pose de lignes aériennes** et nécessitant l'emploi d'une échelle.
- L'échelle peut être installée et sécurisée conformément aux prescriptions.

Description / Détails :

- Cette technique d'assurance représente une **exception** et correspond à une solution propre à la branche. Elle est autorisée **uniquement** dans le cadre de la pose de lignes aériennes !
- Contrairement aux normes générales appliquées en matière de sécurité antichute, aucun système d'arrêt des chutes n'est requis à partir d'une hauteur de trois mètres pour compléter le dispositif de sécurité (selon la SUVA).
- Il faut toutefois que la personne puisse toujours poser les **deux** pieds de manière **stable** sur un barreau d'échelle.
- Cette technique d'assurance est prévue pour une utilisation temporaire sur le poste de travail.
- En principe, une ceinture de maintien au travail conforme à la norme EN 358 est suffisante. Pour des raisons de sécurité, il est toutefois recommandé d'utiliser un harnais combiné (harnais antichute et ceinture de positionnement).
- La longe de maintien doit être fixée aux deux points d'attache latéraux.
- Une fois que la longe est accrochée, la personne doit se pencher en arrière **lentement**, ne pas se laisser tomber !



- La longe de maintien doit toujours être accrochée à un point d'ancrage situé au-dessus du point d'attache du harnais ou à la même hauteur. La longe doit en outre toujours être tendue, il faut **absolument éviter** que la longe serve à arrêter une chute (risque de blessures graves) !
- La personne ne doit **jamais** se trouver au-dessus du point d'ancrage.
- Pour davantage de sécurité, la longe de maintien peut être passée deux fois autour des mâts aux surfaces lisses (p. ex. des pylônes métalliques).

Contrôle du matériel

Généralités

L'équipement de sécurité antichute doit être contrôlé régulièrement. Il convient de vérifier si le matériel est complet, intact et en parfait état de fonctionnement.

Pour le contrôle de sécurité du matériel et le service de parc, appliquer les prescriptions du fabricant!

Contrôle de sécurité de l'équipement

Fréquence des contrôles et personnel qualifié

En principe, conformément aux prescriptions des fabricants.

Règle générale pour le matériel simple (harnais, cordes, anneaux, mousquetons, appareils simples, etc.):

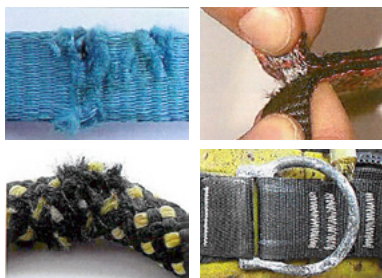
- Avant et pendant l'utilisation par **l'utilisateur**
- 1 x par année par du **personnel qualifié** (Le personnel qualifié est désigné par le fabricant ou défini par les dispositions légales d'un pays. Il n'existe actuellement aucune réglementation contraignante en Suisse). Ce contrôle doit être documenté.

Règle générale pour le matériel complexe (treuils pour le levage de personnes, antichutes à rappel automatique, appareils de sauvetage, etc.):

- Avant et pendant l'utilisation par **l'utilisateur**
- 1 x par année par une **entreprise certifiée**

Vérification par l'utilisateur

- Vérifier si le matériel est complet
- Vérification visuelle et par le toucher (sans gants)



- Détériorations, usure
- Endroits effilochés
- Coutures déchirées
- Altération des couleurs
- Épaississement ou durcissement des cordes
- Corrosion des pièces métalliques
- Contamination par des produits chimiques
- Vérifier la présence des marquages
- Contrôler le fonctionnement

Le matériel endommagé ou hors d'usage ne doit plus être utilisé et doit être éliminé immédiatement !

Nettoyage et stockage

En principe, selon les prescriptions du fabricant.

En règle générale, ne laver le matériel qu'à l'eau tiède et sans utiliser de détergent. Ne **jamais** asperger avec un nettoyeur à haute pression. Laver les cordes n'améliore pas leur résistance à la rupture de manière notable car cela ne permet pas d'éliminer les particules de saleté endommageant l'intérieur de la corde.

Ne pas faire sécher le matériel au soleil ou directement à proximité d'un four.

Stocker le matériel dans un endroit sec et à l'abri de la lumière et des produits chimiques.

La durée de vie du matériel dépend de son utilisation. En cas d'utilisation intensive dans des environnements difficiles, il doit être remplacé après une ou deux utilisations seulement. Pour les équipements en matières textiles, la durée de vie maximale (même lorsqu'ils ne sont pas utilisés) est généralement de 10 ans.

Manuel Pionnier

Localisation et sauvetage dans les décombres



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division protection civile et formation

Version 2025-07

Tables des matières

5	Principes généraux	22	Sécurité dans les décombres
5	Intervention de localisation et de sauvetage	22	Prescriptions de sécurité
6	Tremblements de terre	23	Mesures générales de sécurité lors d'intervention dans les décombres
6	Origines et effets des tremblements de terre	25	Évacuation
8	Risques de tremblements de terre en Europe	26	Dangers provenant des bâtiments et des décombres
8	Tremblements de terre en Suisse	26	Comportement des bâtiments en cas de tremblement de terre (très simplifié)
9	Effets et caractéristiques des tremblements de terre	28	Dangers pour les forces d'intervention
9	Impact	30	Évaluation de la sécurité et mesures de sécurité
10	Particularités	33	Substances dangereuses dans les débris
10	Importance pour le sauvetage des personnes dans les décombres	33	Généralités
12	INSARAG¹	34	Substances dangereuses importantes dans les décombres
12	Aperçu général	36	Identification et évaluation des dangers
13	Les cinq composantes clés d'une équipe USAR	39	Mesures de sécurité
13	Catégories d'équipes USAR	42	Risques particuliers pour les personnes piégées
14	Signification pour le sauvetage après un tremblement de terre en Suisse		
15	Profil de prestations et organisation de la protection civile		
16	L'équipe USAR light (selon INSARAG)		
18	Équipe USAR medium (selon INSARAG)		

44	Tactique / technique d'intervention	67	Phase 3 : partie «Sauvetage technique»
44	Processus d'intervention	67	Déroulement du sauvetage technique
45	Aperçu de la méthode en 5 phases	68	Options d'intervention tactique
46	Vue d'ensemble de la méthode du niveau ASR	73	Sécuriser l'axe d'intervention
48	Comparaison Méthode des niveaux ASR – Méthode à 5 phases	74	Créer des percées
49	Phase 1 : Reconnaissance et premières mesures	75	Ingénieur civil
49	Objectif de la reconnaissance de l'objectif	75	Forage d'exploration, protection de la personne emprisonnée
50	Procédure et contenu de la reconnaissance de l'objectif	76	Dimensions, forme et position d'une perforation
52	Décisions et mesures initiales	81	Phase 4 : Pénétration vers des lieux de présence potentiels
58	Phase 2 : Recherche et sauvetage simple	81	Phase 5 : Déblaiement
58	Objectifs de la phase 2	83	Sauvetage assisté par corde
58	Recherche	83	Classification et délimitation
59	Sauvetage simple	84	Règles générales de sécurité et de fonctionnement
60	Phase 3 : partie «Localisation»	88	Sauvetage assisté par corde avec trépied ou bipied
60	Généralités, objectifs	98	Sauvetage assisté par corde avec une tyrolienne inclinée simple
61	Aperçu des méthodes de localisation		
61	Pistage canin	102	Sauvetage dans les ouvrages de protection
62	Localisation technique	102	Généralités
64	Localisation improvisée (méthode du toc-toc)	103	Sauver les gens dans les abris
65	Localisation approximative, ultérieure et précise		
66	Marquage des victimes (Victim Marking)		

Principes généraux

Intervention de localisation et de sauvetage

L'objectif d'une intervention de localisation et de sauvetage dans les décombres consiste à localiser et sauver les personnes ensevelies, coincées ou emprisonnées dans les décombres.

Les événements suivants peuvent expliquer la présence de décombres de construction :

- Inondations, affouillements
- Glissement de terrain, coulée de boue, éboulement, avalanche
- Charge de neige
- Tempête
- Incendie, explosion
- **Tremblement de terre**
- Impact des moyens de transport
- Destruction chimique (p. ex. corrosion) ou biologique (p. ex. insectes, champignons) du bâtiment

La protection civile est engagée pour secourir les personnes, notamment en cas de catastrophe de grande ampleur. L'accent est mis sur les tremblements de terre.

La présente documentation se concentre sur la localisation et le sauvetage dans les décombres après un **tremblement de terre**. Elle s'applique également par analogie aux interventions dans les décombres provoqués par d'autres événements.

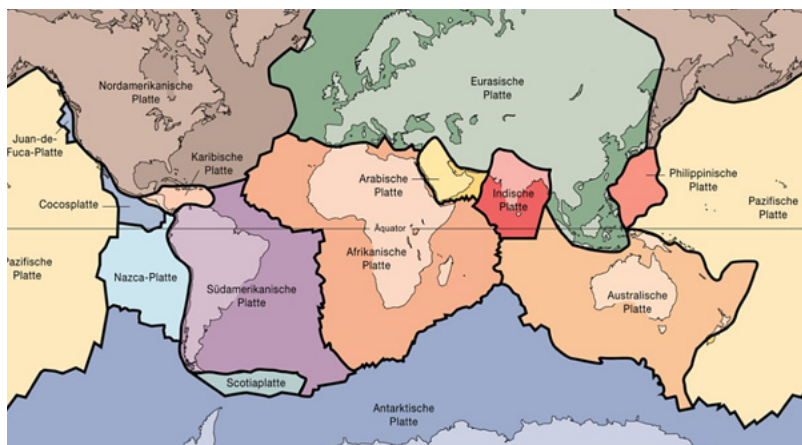


Fig.1: Limites des plaques tectoniques (Service sismologique suisse – SED)

Tremblements de terre

Origines et effets des tremblements de terre

Le manteau terrestre est constitué de plusieurs plaques qui «flottent» sur l'intérieur visqueux de la Terre et se déplacent (tectonique des plaques). Ces mouvements peuvent provoquer de grandes tensions aux limites des plaques. Si la croûte terrestre ne peut plus résister aux tensions, celles-ci se déchargent avec une forte «secousse» et déclenchent ainsi le tremblement de terre.

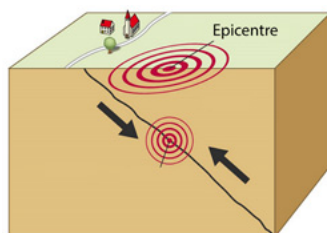


Fig.2: Épicentre (SED)

À partir de l'épicentre (point de la surface terrestre situé exactement au-dessus du lieu d'origine), le séisme se propage par vagues dans toutes les directions. La magnitude est une valeur de mesure exprimant l'énergie d'un tremblement de terre. Avec une magnitude de 6, on peut s'attendre à des dommages moyens à graves dans un rayon de 50 km. La force des ondes sismiques diminue avec la distance par rapport à l'épicentre. Cependant, en fin de compte, ce n'est pas la force d'un tremblement de terre qui est décisive, mais plutôt ses effets (intensité) dans un espace donné. En plus de la magnitude du séisme, ces effets dépendent de la profondeur du séisme, de la distance par rapport à l'épicentre et du sous-sol local. Plus le sous-sol est mou, plus les ondes sismiques sont amplifiées et plus les dégâts sont importants. L'échelle d'intensité macrosismique (EMS 98) est utilisée pour mesurer les effets :

Intensité EMS-98	Res- senti	Effets	Magnitude (valeurs approxima- tives)	Dommages aux bâtiments (maçonnerie)
I	Non ressenti	Non ressenti.	2	
II-III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.	3	
IV	Ressenti	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par très peu. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.	4	
V	Modéré	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.	5	
VI	Fort	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons, en particulier si elles sont en mauvais état, subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures dans les murs et le crépi.	6	
VII	Très fort	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés: petites fissures dans les murs et le crépi, chutes de tuiles; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.	7	
VIII	Violent	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. La plupart des bâtiments de construction simple subissent de graves dommages, par exemple à la suite de l'effondrement de parties de toit à deux versants ou de corniches.		
IX	Très violent	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants: défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.		
X+	Extrême	La plupart des bâtiments, même ceux bien construits, subissent des dommages graves ou s'effondrent.		

© Schwedenscher Erdbebenst

Fig. 3 : Effets possibles des séismes classés par intensité et magnitude (SED)

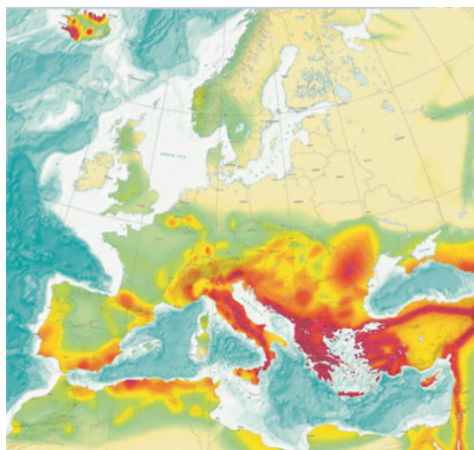


Fig. 4 : Risques de tremblements de terre en Europe (Gardini)

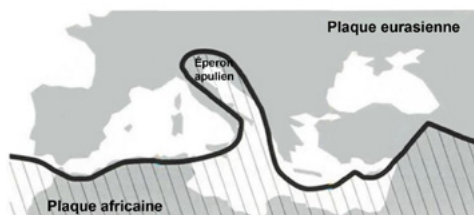


Fig.5 : Éperon des Pouilles (SED)

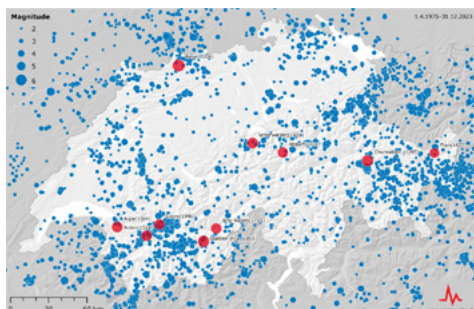


Fig.6 : Tremblements de terre en Suisse 1975 – 2023 (SED)

Risques de tremblements de terre en Europe

En Europe, le sud est particulièrement exposé aux risques sismiques, alors que le nord (à l'exception de l'Islande) ne l'est pratiquement pas.

Tremblements de terre en Suisse

La frontière entre les plaques africaine et eurasiennne passe à travers la région méditerranéenne. L'«éperon des Pouilles» s'étend jusqu'aux Alpes suisses. En raison de la pression constante exercée par la plaque africaine, de graves tremblements de terre peuvent se produire à tout moment à cette limite des plaques. La Suisse se situe entre le sud de l'Europe, qui est très exposé aux risques de tremblements de terre, et le nord, qui est peu exposé.

En Suisse, la terre tremble en moyenne 500 à 800 fois par an. La plupart de ces tremblements de terre sont faibles et ne sont pas ressentis par la population de la zone touchée. Cependant, un grave tremblement de terre peut se produire à **tout moment** en Suisse ! À ce jour, il est impossible de prévoir les tremblements de terre.

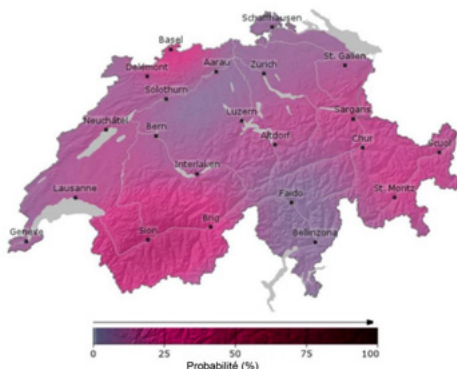


Fig. 7 : Probabilité d'un tremblement de terre de magnitude 5 ou plus dans un rayon de 30 km au cours des 50 prochaines années (SED)

Les régions du Valais, des Grisons et de Bâle sont particulièrement menacées, suivies par la vallée du Rhin, la Suisse centrale et le reste de la Suisse.

Les tremblements de terre représentent le plus grand risque parmi tous les événements naturels possibles en Suisse !

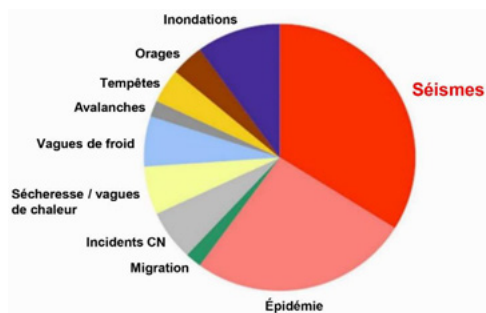


Fig. 8 : Répartition des risques en Suisse

Effets et caractéristiques des tremblements de terre

Impact

Dommages et destructions massives et à grande échelle des bâtiments. Aujourd'hui, la majorité des bâtiments existant en Suisse ne sont pas construits pour résister à un tremblement de terre.

Nombreux morts, blessés, sans-abri et personnes ensevelies ou traumatisées.

Perte à moyen et long terme des moyens de subsistance et des infrastructures essentielles :

- Des axes routiers détruits et fermés à la circulation pendant des semaines, voire des mois.
- Défaillance des télécommunications.
- Absence de moyens de subsistance comme le logement, l'eau, la nourriture, l'approvisionnement en énergie, les fournitures médicales, l'évacuation des déchets / eaux usées, etc.

Principes généraux

Événements secondaires dus au tremblement de terre :

- Chute de pierres, glissement de terrain, coulée de boue.
- Accidents dans les installations industrielles telles que les centrales nucléaires, les usines chimiques, les barrages, etc.
- Incendies, explosions, rejets de substances toxiques.
- Accidents, par exemple sur les axes routiers.

Les effets ne touchent pas seulement la population civile, mais entraînent également la détérioration ou la destruction des capacités de conduite et d'intervention de la protection civile.

Particularités

Les tremblements de terre se produisent soudainement et inopinément.

Les destructions sont généralement si massives et étendues que la communauté touchée est dépendante de l'aide extérieure (cantons voisins, aide internationale). La population et les équipes de sauvetage demeurent menacées par des **répliques** lorsqu'elles se trouvent dans des maisons ou des décombres. Pour des raisons de sécurité, il n'est plus possible pour la population de rester dans les bâtiments jusqu'à ce que les secousses sismiques aient cessé.

Les répliques constituent le plus grand danger lors du sauvetage dans les décombres !

Importance pour le sauvetage des personnes dans les décombres

Données générales du problème :

- Interventions relativement rares.
- Donc peu ou pas d'expérience opérationnelle.
- Tâches difficiles du point de vue technique.
- Coûts élevés en termes d'équipement et de personnel.
- Situation statique très incertaine d'un bâtiment partiellement détruit.
- Risques élevés pour les forces d'intervention et les personnes ensevelies.
- Pression du temps.

Les chances de survie des personnes ensevelies ou bloquées sont relativement élevées dans les premières heures suivant le tremblement de terre. Cependant, après 24 heures, elles chutent rapidement. Par conséquent, la localisation rapide et le sauvetage des personnes immédiatement après l'événement sont des objectifs cruciaux qui ont la priorité absolue.

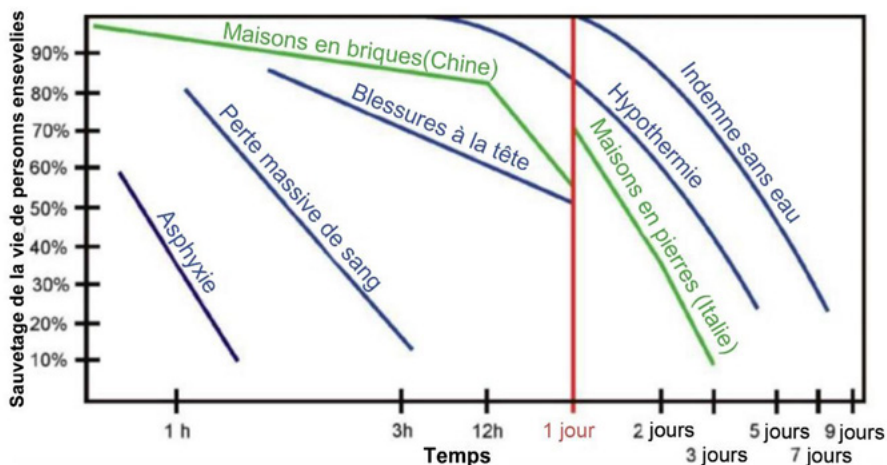


Fig. 9 : Chances de survie des victimes ensevelies (bleu : proportion estimée de sauvetages de personnes vivantes en fonction du type de blessure ; vert : proportion observée de sauvetages de personnes vivantes) (Comburn et Spencer)

Les équipes de sauvetage extérieures doivent d'abord se déplacer vers la zone sinistrée. L'expérience montre qu'elles ne sont déployées qu'après 24 à 48 heures. La responsabilité principale de la maîtrise des catastrophes dans les premiers instants critiques pour le sauvetage incombe exclusivement aux forces de conduite et d'intervention locales et régionales.

L'expérience du Japon montre que le nombre de victimes et les dommages causés par les incendies secondaires peuvent être multipliés **par dix**. Les services régionaux de sapeurs-pompiers et de secours sont déjà surchargés de travail. Ils n'ont pas le temps de sauver des décombres les personnes ensevelies (ce qui prend beaucoup de temps).

INSARAG¹

Aperçu général

Le **Groupe consultatif international de recherche et de sauvetage** (INSARAG) a été fondé en 1991 en tant qu'organisation des Nations Unies (ONU). La tâche principale de l'organisation consiste à élaborer des normes pour la coopération internationale dans le domaine de la **recherche et du sauvetage en milieu urbain** (USAR). Il s'agit des équipes de recherche et de sauvetage qui sont engagées après des catastrophes telles que les tremblements de terre. La tâche principale est la coordination et la normalisation des équipes d'intervention internationales. L'aide internationale doit être simplifiée par des structures claires, telles que la taille des équipes d'intervention, les compétences au sein de l'équipe, etc.

¹ Toutes les déclarations concernant l'organisation INSARAG dans ce document sont traduites de l'anglais. Elles ne prétendent pas être complètes et correctes.

La vision de l'INSARAG : sauver des vies en augmentant l'efficacité et la qualité et permettre la coordination entre les équipes USAR nationales et internationales grâce à des directives et des procédures communes.

La mission de l'INSARAG consiste à préparer, à mobiliser et à coordonner une aide efficace et fondée sur des principes internationaux pour soutenir un pays touché par une crise et pour appuyer le renforcement des capacités aux niveaux international, régional, subrégional et national.

Ces directives et méthodes internationales sont énoncées dans les Lignes directrices INSARAG.

Dans ce manuel, seules sont prises en compte les lignes directrices et les méthodes des lignes directrices INSARAG 2015 qui sont considérées comme importantes pour la compréhension générale et l'intervention des formations de protection civile. Vous trouverez des informations complètes ou détaillées dans les lignes directrices.



<https://insarag.org/>

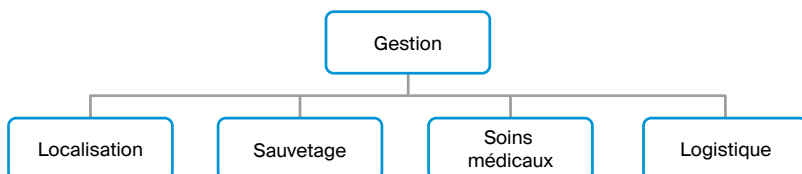


Fig.10 : Les cinq composantes clés d'une équipe USAR selon les Lignes directrices INSARAG

Les cinq composantes clés d'une équipe USAR

Les cinq composantes sont des éléments obligatoires d'une équipe de localisation et de sauvetage. Les équipes USAR light représentent une exception. Le principe est le suivant :

- Pas d'intervention sans que la conduite et la logistique ne soient assurées !
- Pas de localisation sans que le sauvetage ne soit assuré !
- Pas de sauvetage sans que la prise en charge médicale ne soit assurée !

Catégories d'équipes USAR

Une zone sinistrée (worksides) comprend généralement un bâtiment ou, dans le cas de grands ensembles de bâtiments, une seule partie de l'ensemble du bâtiment. Il est attribué à l'équipe USAR par le commandement. En Suisse, le site de travail est généralement désigné comme la place sinistrée ou, dans le cas des décombres, comme **l'objectif d'intervention**.

Pour le site de travail (selon INSARAG « Work side »), le terme **«objectif d'intervention»** est utilisé dans ce qui suit.

Catégorie	Compétences opérationnelles
Équipe light 18 personnes	- Intervention nationale uniquement - Sauvetages dans une zone sinistrée en opération 12 heures pendant 3 jours - Rapidement sur place, pas de localisation - Bâtiments simples en construction légère (bois, tôle, bambou, brique légère) - Sauvetage de personnes ensevelies superficiellement avec de simples outils à main (sauvetage horizontal)
Équipe medium 40 personnes Spécialistes	- Intervention nationale/internationale - Sauvetages dans une zone sinistrée en opération 24 h/24 pendant 7 jours - Couvre l'ensemble des 5 compétences clés - Ouverture et progression dans les décombres (y compris le béton)
Équipe heavy 59 personnes Spécialistes	- Intervention nationale/internationale - Sauvetages dans deux zones sinistrées en opération 24 h sur 24 pendant 10 jours - Couvre l'ensemble des 5 compétences clés - Ouverture et progression dans les décombres (y compris le béton)

Signification pour le sauvetage après un tremblement de terre en Suisse

Avec la «Chaîne suisse de sauvetage», notre pays dispose déjà depuis de nombreuses années d'une équipe USAR heavy certifiée et éprouvée pour les interventions internationales.

En Suisse, la gestion d'un tremblement de terre relève des cantons. C'est probablement la raison pour laquelle la coordination, l'organisation, la formation et la certification des équipes USAR à l'échelle nationale sont encore incomplètes et non contraignantes. Au niveau national, les organisations d'intervention suivantes sont actives dans le secteur de l'USAR :

- Armée suisse (troupes de sauvetage)
- Sapeurs-pompiers (en particulier les sapeurs-pompiers professionnels)
- Services de sauvetage
- Protection civile (selon les cantons)
- REDOG (Société suisse pour les chiens de recherche et de sauvetage)
- Autres ONG (par exemple, le GIS-swiss.org)

Dans le cadre des deux projets «concept d'intervention en cas de tremblement de terre en Suisse» (2004) et «Mise en œuvre du plan d'intervention en cas de séisme en Suisse (SISMO)» (2008), une tentative a été effectuée sous la direction de l'OFPP pour établir un niveau minimal de coordination. En collaboration avec tous les acteurs impliqués dans le commandement et dans l'intervention, une évaluation de la situation a été réalisée au niveau national, des mesures concrètes ont été proposées et un plan de mise en œuvre a été élaboré. À l'avenir, les équipes USAR cantonales et nationales devraient notamment s'inspirer des lignes directrices INSARAG en matière de classification et de capacités d'intervention (lorsque cela est nécessaire et approprié).

Profil de prestations et organisation de la protection civile

Sur la base des deux projets mentionnés et du projet «Protection civile 2015+», la protection civile

fournit actuellement les prestations suivantes dans le domaine de la localisation et du sauvetage conformément aux lignes directrices INSARAG pour la protection civile :

Classification	Qui
Équipe USAR light (Compétence de base dans le domaine de la protection civile)	Section pionniers
Équipe USAR medium (Compétence supplémentaire dans le domaine de la protection civile)	Section de sauvetage avec des pionniers spécialement formés au sauvetage, des chefs de groupe et de section Soutenue par REDOG dans la localisation

Les lignes directrices INSARAG servent de guide. La composition des cinq composantes de l'équipe (uniquement des membres de la protection civile ou des membres de la protection civile avec des partenaires), les capacités d'intervention, l'équipement, la mobilité, le délai entre la mobilisation et l'intervention sur place et la capacité d'intervention dans la durée peuvent varier en fonction de la situation régionale ou cantonale. Les éléments suivants doivent être pris en compte :

- En raison de ses compétences de base et de ses équipements, la protection civile couvre au minimum la composante «sauvetage» de l'équipe.

- Lors de tremblement de terre majeur, les forces d'intervention locales/cantoniales sont débordées. Le recours à des équipes des cantons non touchés par l'événement est indispensable. Cette coopération exige un degré élevé de mobilité et d'indépendance logistique des équipes USAR.
- Afin d'assurer sur le terrain une interopérabilité efficace entre les équipes USAR nationales et internationales, les lignes directrices et les méthodes d'intervention de l'INSARAG doivent être suivies.

L'équipe USAR light (selon INSARAG)

Prestation

Produit

Localisation et sauvetage de personnes à la **surface de décombres simples**
(sauvetage horizontal)

Qualité

- Reconnaissance et surveillance du site de l'intervention
- Identification des dangers et mise en place de mesures simples
- Préparation et réalisation de sauvetages à la surface de décombres simples de bois, de métal léger ou de briques non renforcées
- Utilisation d'outils de coupe et de levage simples, **guidés à la main**, de cordes et de systèmes d'étagage
- Garantie des premiers secours aux forces d'intervention et aux victimes
- Apposition des marquages INSARAG sur le site de l'intervention
- Logistique pour la mise en place de la propre base d'intervention (tentes, subsistance, installations sanitaires, réparations, etc.)

Quantité

Fournir la prestation en même temps à **un** objectif d'intervention (un bâtiment)

Temps

Déploiement immédiatement après l'événement (premiers intervenants) ; dans les **4 heures**.

Durée (capacité d'intervention dans la durée)

Pendant **3 jours en opération de 12 h**

Structure possible de l'équipe

Composantes USAR	Tâches	Dotation en personnel recommandée	Nbre de pers. recommandé
Gestion	Conduite	Chef d'équipe	1
	Déploiement et planification	Aucune indication	2
Recherche et sauvetage	Recherche et sauvetage	Aucune indication	10
Soins médicaux	Soins médicaux et sécurité	Aucune indication	2
Logistique	Logistique et équipement	Aucune indication	3
			Total : 18

Commentaires

- L'équipe light n'effectue que des sauvetages simples, mais elle doit être sur place très rapidement.
- Il n'est pas nécessaire que les cinq composantes de l'équipe soient toutes présentes.
- Il n'est pas prévu de chien(s) ou de technique de localisation, d'ouverture et d'avancement dans des décombres massifs.
- Les recherches et les sauvetages ne sont effectués que sur des surfaces et dans des locaux accessibles.
- Lors d'une intervention nationale, une logistique complète dans le sens d'une autosuffisance minimale revêt une importance particulière. L'équipe doit être en mesure d'assurer son propre logement (tentes = sécurité sismique) et sa propre subsistance à la base d'intervention dans la zone allouée. Il convient d'éviter de faire peser une charge supplémentaire sur la région gravement touchée par l'événement.
- Compte tenu de l'étendue des prestations fournies, les équipes USAR light ne peuvent être composées que de membres de la protection civile.

Équipe USAR medium (selon INSARAG)

Prestation

Produit

Localisation complexe et sauvetage de personnes dans des **décombres massifs** de bâtiments effondrés (sauvetage en profondeur)

Qualité

- Reconnaissance, analyse des risques, concept de sécurité et surveillance sur l'objectif d'intervention, y compris la structure des décombres
 - Organisation de l'objectif d'intervention, y compris la liaison avec l'organe supérieur
 - Identification des risques et prise des mesures
 - Identification et éloignement des risques NBC
 - Sécurisation des éléments de construction/ouvrages au moyen d'étais
 - Localisation cynologique ou technique
 - Découpe, démolition, soulever/déplacer des décombres de bois, de métal, de maçonnerie ou de béton
 - Ouverture des pièces inaccessibles ; percement des plafonds et des murs, y compris par la méthode «propre»
 - Sauvetage des personnes blessées dans les décombres, y compris le sauvetage assisté par corde
 - Garantie de la prise en charge médicale des forces d'intervention, des patients et des chiens
 - Transport de l'équipement (spécial) nécessaire
 - Apposition des marquages INSARAG sur l'objectif d'intervention
 - Logistique pour l'installation de la base d'intervention (tentes, subsistance, installations sanitaires, réparations, etc.)
-

Quantité

Fourniture de la prestation à **un** objectif d'intervention en même temps (un bâtiment)

Temps

Dans les **4 h**

Durée (capacité d'intervention dans la durée)

Pendant **7 jours en opération 24 h sur 24**

Structure possible de l'équipe

Composantes USAR	Tâches	Dotation en personnel recommandée	Nombre de personnes recommandées
Gestion	Conduite	Chef d'équipe	1
	Coordination	Chef d'équipe adjoint	1
	Planification et suivi	Chef de la planification	1
	Liaison	Chef de liaison	1
	Évaluation des décombres	Ingénieur civil	1
	Sécurité	Chef de la sécurité	2
	Coordination	Chef de la coordination	1
Recherche	Recherche technique	Spécialiste technique de la localisation	2
	Recherche à l'aide de chiens	Maîtres-chiens	2
	Évaluation des substances dangereuses	Spécialiste des substances dangereuses	2
Sauvetage	Création de brèches, ouvertures, coupes, étaie-ment, ancrage, sauvetage par corde	Chef de l'équipe de sauvetage et sauveteurs	14 (2 équipes, avec chacune 1 chef et 6 sauveteurs)
	Levage et déplacement de charges	Spécialistes en charges lourdes	2
Soins médicaux	Soins médicaux pour l'équipe et les victimes, coordination et intégration dans le système de santé	Médecin	1
		Médecin, sauveteur sanitaire, infirmier	3
Logistique	Base d'intervention	Chef de la logistique	1
	Approvisionnement en eau	Spécialiste des transports	1
	Substance	Logisticien	1
	Transports/ carburants	Chef de la base	2
	Communication	Spécialiste de la communication	1
			Total 40

Principes généraux

Commentaires

- L'équipe medium doit disposer des cinq composantes de l'équipe.
- Lorsqu'elles ouvrent et avancent dans des décombres lourds, les forces d'intervention sont exposées à des risques nettement accrus. La sécurité par rapport à l'effondrement des décombres et aux substances dangereuses et les soins médicaux doivent être assurés **en permanence** sur l'objectif d'intervention.
- Dans le cadre d'une intervention de 24 heures sur 24, les opérations de sauvetage sont complexes et se déroulent dans des conditions extrêmes. Un pionnier au bénéfice d'une formation de base de deux semaines n'est pas préparé à une telle tâche. En l'occurrence, il est impératif de suivre une formation complémentaire pour devenir spécialiste en sauvetage.
- Selon les lignes directrices INSA-RAG, une équipe medium doit pouvoir ouvrir des plafonds et des murs en béton non armé jusqu'à une épaisseur de 150 mm. Cette directive n'a pas de sens pour la Suisse avec ses constructions massives. En Suisse, une équipe medium doit être capable d'ouvrir un plafond en béton d'un immeuble d'habitation normal, c'est-à-dire en béton armé d'une épaisseur d'au moins 200 à 250 mm.
- Lors d'une intervention nationale, une logistique complète dans le sens d'une autosuffisance minimale revêt une importance particulière. L'équipe doit être en mesure d'assurer son propre logement (tentes = sécurité sismique), sa subsistance et ses installations sanitaires à la base d'intervention dans la zone alouée. Il convient d'éviter de faire peser une charge supplémentaire sur la région gravement touchée par l'événement.
- Compte tenu de l'étendue des prestations fournies, les équipes USAR medium ne peuvent pas, en règle générale, être composées exclusivement de personnel de la protection civile. La force de la protection civile réside dans le secteur du sauvetage. Un soutien des partenaires est particulièrement nécessaire dans les domaines suivants :
 - Sécurité dans les décombres (ingénieur civil)
 - Substances dangereuses (spécialiste NBC)
 - Localisation (REDOG)
 - Soins médicaux (médecin, service sanitaire de sauvetage)

- Sur la base des expériences passées, il est très difficile dans la protection civile de former une équipe complète, opérationnelle et mobile qui puisse couvrir toutes les compétences attendues. L'une des approches possibles serait la suivante :
 - La conduite et l'organisation de l'objectif d'intervention ainsi que le sauvetage sont assurés par la protection civile
 - Les spécialistes de la sécurité et les soins médicaux doivent être disponibles en permanence sur place et donc intégrés à l'équipe
 - Le système de localisation est utilisé temporairement (surtout au début de l'intervention).
 - Les soins médicaux professionnels sont fournis par le service de secours local habituel.
- Aucun compromis ne doit être fait en **termes de sécurité!**
- Si l'équipe est composée de différents partenaires, il est crucial pour la réussite de la mission que ces partenaires s'entraînent régulièrement ensemble dans le cadre de la préparation à un événement.

Sécurité dans les décombres

Prescriptions de sécurité

Extrait des Directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile (édition du 1er mars 2020).

Chapitre 4 : Travail dans les décombres

Art. 44 Sécurité dans les décombres

¹ Lors du travail dans les décombres, il convient de surveiller en permanence la qualité de l'air au moyen d'un appareil de mesure des substances dangereuses. Ce dernier doit être réglé de manière à déclencher automatiquement l'alarme si le seuil d'alerte est atteint.

² Il convient de surveiller les gaz suivants :

- a. oxygène ;
- b. gaz inflammables ;
- c. sulfure d'hydrogène ;
- d. monoxyde de carbone.

³ Avant d'entrer dans un puits, il convient de vérifier la qualité de l'air depuis le haut au moyen de l'appareil de mesure des substances dangereuses.

⁴ On utilisera un dosimètre si l'on soupçonne la présence de substances radioactives dans les décombres. Lors de travaux dans la zone dangereuse de bâtiments et de décombres instables ou à proximité, on prendra les mesures suivantes :

- a. ordonner une observation permanente de l'ouvrage ;
- b. équiper l'observateur d'un moyen d'alarme ;
- c. s'assurer que la personne concernée connaisse le comportement à observer en cas d'alarme ;
- d. installer un poste de premiers secours.

⁵ En cas d'incendie, de fumée ou de danger radiologique, biologique ou chimique avéré,

le service ne peut être effectué que sous la responsabilité et la direction technique de spécialistes.

Art. 45 Sauvetage au moyen de cordes

¹ Le sauvetage au moyen de cordes n'est autorisé que lorsque des solutions simples s'avèrent plus dangereuses, moins adaptées ou impossibles à appliquer. Une surveillance permanente doit être effectuée depuis un endroit sûr.

² Il convient de toujours utiliser deux cordes ancrées séparément. La première est un support de descente, de montée, d'accès et de retenue (corde de travail) tandis que la seconde sert à assurer (corde de sécurité). Il doit être à tout moment possible de monter ou de descendre en rappel.

³ Les dispositions de l'art. 24 s'appliquent aux ancrages. Les ancrages réalisés par les personnes astreintes en vue d'un sauvetage au moyen de cordes doivent présenter une résistance d'au moins 22 kN au point d'ancrage. Les ancrages réalisés par des tiers pour le sauvetage au moyen de cordes doivent faire l'objet d'une autorisation.

⁴ Toute personne encordée ne peut se détacher de la corde de sécurité que lorsque l'air ambiant est d'une qualité suffisante et qu'il n'y a pas de risque de chute.

⁵ Si des patients sont remontés en position verticale à l'aide d'une civière, il convient d'utiliser les moyens adéquats pour protéger leur tête et leur visage des blessures.

⁶ En cas d'urgence, il convient de garantir le sauvetage des personnes suspendues et bloquées à la corde avec les moyens disponibles sur place dans un délai de 20 minutes au maximum.

Explications :

Article 44 Sécurité dans les décombres

Alinéa 1

Si, au cours de la formation, des installations spécialement construites sont utilisées (pistes de décombres) et si la présence de gaz dangereux est exclue, il est alors possible de renoncer au transport d'un appareil de mesure des substances dangereuses.

Article 45 Sauvetage au moyen de cordes

Alinéa 1

Par sauvetage au moyen de cordes, on entend :

- un processus de sauvetage au cours duquel le sauveteur ou la personne à secourir est transporté par une descente en rappel ou par l'utilisation d'une corde tendue ;
- contrairement à la protection contre les chutes, la personne ne peut plus se déplacer de manière contrôlée, mais est suspendue à la corde ;
- le transport par corde peut se faire en suspension libre ou le long de structures verticales ou inclinées ;
- une défaillance du système entraînera inévitablement un accident avec risque de blessure.

Des solutions plus simples consistent à choisir un autre point d'accès ou à utiliser des échelles.

Mesures générales de sécurité lors d'intervention dans les décombres

Concept de sécurité

Établissez toujours un plan de sécurité et d'urgence. Points importants :

- clarifier et enregistrer l'emplacement exact (adresse, coordonnées) et l'accessibilité de l'objectif de l'intervention
- préparer les coordonnées pour le sauvetage terrestre et aérien.
- clarifier et enregistrer les bases concernant le sauvetage externe et les soins médicaux
- mettre en place un poste collecteur, un poste de premiers secours, un nid de blessés, etc.
- assurer les liaisons internes et externes
- communiquer à tous les membres de l'équipe les mesures de sécurité et d'urgence définies, visualiser les mesures d'urgence

Reconnaissance

- Commencer toujours par explorer minutieusement l'objectif d'intervention et ses environs.
- Effectuer toujours la première reconnaissance à une distance sûre de l'**extérieur** (visite). Ne pas encore pénétrer dans les décombres.

Sécurité dans les décombres

Conseiller technique, responsable de la sécurité

Lors de l'étude et de l'élaboration du concept de sécurité, il convient de toujours faire appel à des spécialistes du domaine (ingénieur civil, spécialiste des substances dangereuses, responsable de la sécurité).

Zone de sécurité

Définir la zone de sécurité et ériger des barrières selon INSARAG :

Seules les forces d'intervention correctement équipées sont autorisées dans la **zone de travail**. L'accès à la zone de travail est interdit par des bandes horizontales.



Fig.11 : Fermeture de la zone de travail (INSARAG)

Il est interdit de pénétrer dans les **zones de danger**. Elles sont bouclées par des bandes croisées.

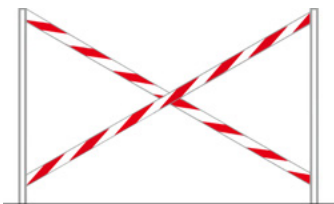


Fig.12 : Fermeture des zones de danger (INSARAG)

Propre sécurité

Votre propre sécurité a toujours la priorité absolue. En cas de doute :

No Go – Ne pas effectuer, arrêter ou interrompre l'intervention.

Forces d'intervention

- Seulement autant de personnes que nécessaires dans la zone de travail.
- Ne pas travailler seul, toujours engager au moins deux personnes, même lors de reconnaissances.
- Effectuer des contrôles de personnes : qui se trouve dans la zone de travail – qui se trouve en dehors de la zone de travail?
- Porter systématiquement un équipement de protection individuelle.
- Maintenir la santé et la capacité opérationnelle de l'équipe. Assurer une subsistance régulière, des relèves, des remplacements, etc.
- Les sauveteurs peuvent être confrontés à des images traumatisantes dans les décombres. Une première prise en charge psychologique doit être assurée dans l'équipe USAR.
- Garder le personnel de réserve en attente pour les secours d'urgence en cas d'accident.

Approche défensive

- Toujours progresser de la zone sécurisée à la zone non sécurisée.
- Sécuriser en permanence l'axe d'intervention

Système de surveillance et d'alarme

- Surveiller en permanence la zone de travail pendant l'intervention.
- Assurer une alarme acoustique d'urgence, audible même dans les décombres, conformément à INSARAG :

Évacuation

3 signaux courts, chaque signal 1 seconde, à répéter jusqu'à ce que l'évacuation soit terminée.

Interruption du travail – Silence!

1 signal long, d'une durée de 3 secondes

Reprise du travail

1 signal long + 1 signal court

Voies d'évacuation et point de rassemblement

- Définir, dégager, baliser et éclairer les voies d'évacuation
- Définir et préparer le point de rassemblement

Sauvetage, premiers secours et soins médicaux

- Prévoir des ressources pour le sauvetage d'urgence des forces d'intervention dans les décombres
- Mettre en place un poste de premiers secours
- Assurer la prise en charge médicale des forces d'intervention (liaison, service de sauvetage, hôpital)

Garder une distance de sécurité par rapport à la **zone de projection des décombres**.

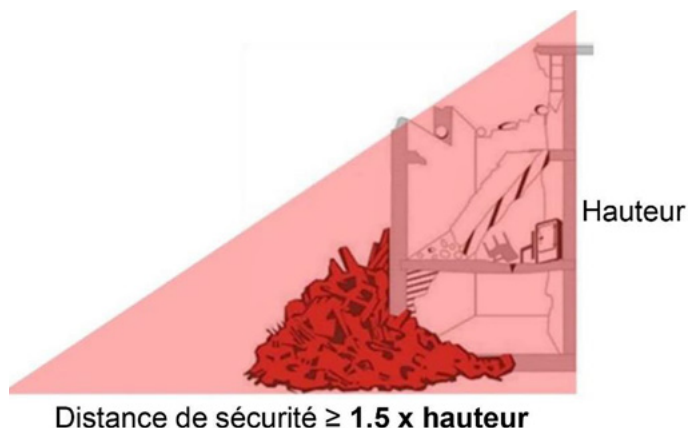


Fig.13 : Zone de projection des décombres

Dangers provenant des bâtiments et des décombres

Comportement des bâtiments en cas de tremblement de terre (très simplifié)

Vibrations horizontales

Les tremblements de terre déclenchent, entre autres, des vibrations **horizontales** à la surface de la terre (secousses sismiques horizontales). Le sol et les fondations des bâtiments remuent dans un mouvement de va-et-vient. La fréquence (oscillations, ou mouvements de balancier par seconde) peut varier d'un tremblement de terre à l'autre.

Un sol mou (sable, limon) amplifie encore les vibrations.

Par ces vibrations du sol, les bâtiments se déstabilisent et se mettent également à vibrer.

Plus l'effet du séisme est fort et long, plus les bâtiments vibrent.

- Les bâtiments rigides ne sont que peu déstabilisés et vibrent rapidement. Les bâtiments très rigides ne vibrent pratiquement pas, mais sont déplacés dans leur ensemble.
- Les bâtiments souples sont davantage disloqués et se balancent lentement.

En raison des vibrations, de grandes forces agissent sur les structures et les éléments de construction. Plus un bâtiment vibre, plus les forces sont importantes. Les bâtiments sont principalement conçus pour les forces verticales et seulement dans une mesure limitée pour les forces horizontales (par exemple contre la force du vent). Si les forces horizontales sont trop importantes, les bâtiments peuvent être endommagés, s'effondrer complètement ou partiellement, ou basculer.

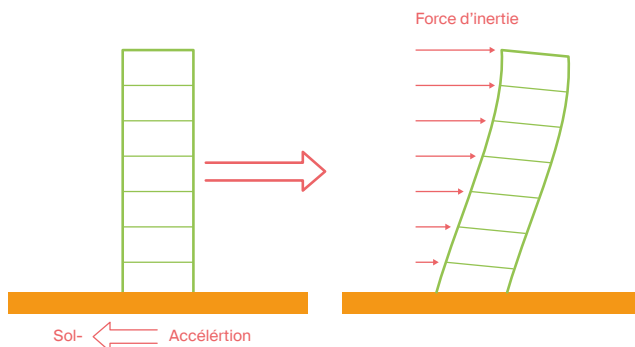


Fig. 14 : Effets de l'accélération horizontale du sol sur les structures (UFPP)

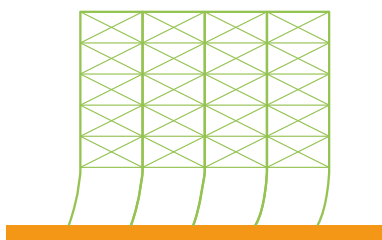


Fig.15 : Étage souple (UFPF)

L'étendue des dégâts causés par un tremblement de terre dépend (outre la force du séisme) du terrain sur lequel le bâtiment est construit, du plan de construction, de la qualité et de la disposition des éléments porteurs, de sa masse et de sa fréquence naturelle.

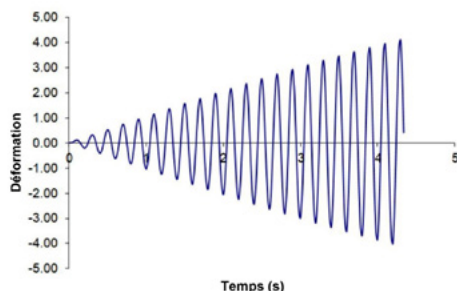


Fig.16 : Résonance (Hans Hausammann)

Dans de nombreux bâtiments, les rez-de-chaussée sont souvent construits avec peu de supports et peu de contreventements afin d'obtenir les plus grandes surfaces libres possibles pour les commerces, les vitrines ou les places de parc. Ces étages «mous» ne sont pas très stables lors des tremblements de terre et s'effondrent généralement en premier.

Résonance

Chaque bâtiment a sa propre fréquence de vibration (fréquence naturelle).

Si la fréquence naturelle d'un bâtiment est à peu près la même que la fréquence du tremblement de terre, les vibrations du bâtiment sont de plus en plus stimulées par le tremblement de terre. Le bâtiment est «bercé» et vibre de plus en plus (résonance). La résonance peut provoquer l'effondrement de bâtiments et de structures, même très solides.

Liquéfaction des sols

Les sols à grains fins et fortement gorgés d'eau peuvent se liquéfier à la suite du tremblement de terre. Les bâtiments peuvent facilement basculer ou s'enfoncer dans le sous-sol liquide.

Dangers pour les forces d'intervention

Danger d'effondrement dû aux répliques

Les répliques peuvent faire basculer, glisser ou tomber les décombres existants. Les structures touchées, voire intactes, peuvent s'effondrer ou basculer. La réplique peut être plus forte que le tremblement de terre principal. Ces dangers représentent le plus grand risque pour les forces d'intervention lors des opérations de secours en cas de tremblement de terre.

L'effondrement des bâtiments ou des décombres dû aux répliques est le plus grand danger auquel sont exposées les forces d'intervention lors des opérations de secours en cas de tremblement de terre !

Les bâtiments qui se sont déjà complètement effondrés se comportent généralement de manière relativement stable en cas de réplique. Toutefois, il ne faut pas sous-estimer les risques de glissement ou de chute de débris isolés et d'effondrement ou d'écoulement de décombres dans des cavités.

Encore debout, les bâtiments ou parties de bâtiments affaiblis sont instables et peuvent s'effondrer totalement lors d'une réplique. En raison de leur potentiel énergétique élevé et de leur grande surface de projec-

tion de décombres, les bâtiments de grande hauteur représentent un danger particulier pour les forces d'intervention. Celui-ci doit être pris en considération dans le cas de bâtiments voisins encore debout dans la zone de l'objectif d'intervention.

Danger d'effondrement dû à d'autres effets

Les éléments de construction et les décombres forment généralement un équilibre instable. Ils peuvent réagir de manière sensible à des impacts même mineurs et s'effondrer de manière inattendue :

- Sans raison apparente, matériaux de construction affaiblis.
- En raison des vibrations causées par les machines de construction lourdes ou les travaux de sauvetage (p. ex. les marteaux piqueurs).
- En raison de l'affaiblissement des éléments porteurs à la suite des travaux de sauvetage (p. ex. séparation de piliers ou de poutres, percement de plafonds et de murs, etc.)
- Atteinte à l'équilibre instable par l'enlèvement, le réarrangement ou le déplacement d'éléments isolés en raison des travaux de sauvetage («effet mikado ou domino»).

Les perturbations de l'équilibre statique peuvent généralement être influencées ou évitées par un comportement tactique/technique pru-

dent et responsable des forces de sauvetage.

Les équipes USAR s'entraînent généralement dans des décombres d'exercice stables ou des objets d'entraînement stables. En termes de risque et de sécurité, il ne faut pas les confondre avec des décombres rencontrés en situation réelle !



Fig.17 : Effondrement total après un tremblement de terre (Hans Hausammann)



Fig.18 : Bâtiments partiellement détruits (Hans Hausammann)



Fig.19 : Différence entre les décombres stables de l'exercice (à gauche) et les décombres réels (à droite) (Hans Hausammann)

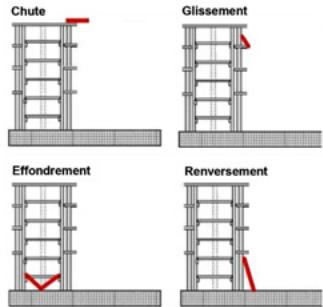
Sécurité dans les décombres**Évaluation de la sécurité et mesures de sécurité**

L'évaluation de la sécurité des bâtiments et des décombres ainsi que les mesures de sécurité possibles

sont contenues dans la partie «Sécurisation des composants et des structures» du manuel. Elles sont brièvement énumérées à nouveau ci-dessous.

Critères d'évaluation		Commentaires	
Type de construction? – Construction solide (béton armé, maçonnerie) – Construction en bois – Construction en ossature (acier, béton)		Vulnérable : les bâtiments en maçonnerie Moins sensibles : les bâtiments en acier, béton armé, bois	
Qualité des bâtiments? Terrain à bâtir, fondations? Sous-sol mou, pente? Type d'utilisation, nombre d'étages? Classe de dommages?		Bon : terrain dur (roche) Mauvais : terrain mou, site en pente	
Classe	État		Sign
1	Dommmages légers		endommagé ✗
2	Dommmages modérés		
3	Dommmages lourds		partiellement détruit ✗✗
4	Dommmages extrêmes		
5	Détruit		totalemt détruit ✗✗✗

Fig. 20 : Classes de dommages

Critères d'évaluation	Commentaires
Exposition aux poids, aux forces?	Les calculs sont difficiles ou impossibles
Quels sont les éléments de construction ayant une fonction portante?	
Comment les charges sont-elles transférées dans le sol? Points faibles des éléments porteurs ? Éléments de constructions surchargés	Signes d'affaiblissement des composants : Poutres affaissées ou supports inclinés
– Éléments de liaisons endommagés ou défaillants – Signes de danger d'effondrement – Réorganisation des éléments de construction (par exemple, les murs deviennent des plafonds, les plafonds deviennent des murs)	– Fissures > 3 mm dans le béton armé – Fissures verticales dans la maçonnerie – Barres d'armature apparentes
Quelles sont les forces qui peuvent encore être prises en charge par les éléments de construction eux-mêmes? Quelles forces doivent être absorbées par les systèmes de sécurité? Éléments suspendus, mal fixés ou inclinés?	
Zones de projection de décombres? Ce qui peut être causé par des répliques, des secousses, des changements ou des travaux de sauvetage – Tomber? – Basculer? – Glisser? – S'effondrer?	 Fig. 21 : Sécurité dans les décombres
Évaluation finale de la viabilité résiduelle – Stable? – Instable? Totalement instable? Quelles sont les zones interdites (zones de danger, zones interdites)?	

Tab. 1: Évaluation des bâtiments

Sécurité dans les décombres

Mesures de sécurité

Évaluation des décombres

- L'évaluation des décombres se fait toujours en collaboration avec un ingénieur civil.
- Réévaluer les situations de décombres après des changements/répliques.

Garder une distance de sécurité par rapport à la zone de projection des décombres.

Surveillance des bâtiments

Surveillance continue des bâtiments/décombres, par exemple :

- Observer (changements, bruits de craquement, ruissellement, etc.)
- Marquage et surveillance des fissures
- Installation de détecteurs automatiques de mouvements
- Utilisation d'appareils optiques
- Utilisation de drones

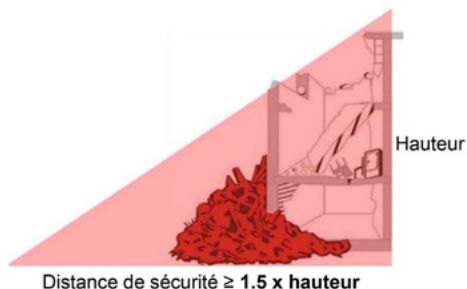


Fig. 22 : Zone de projection des décombres

Sécurisation des axes d'intervention

Sécurisation des axes d'intervention au moyen de systèmes à l'épreuve des pannes, même en cas de réplique :

- Supports (charpentes tridimensionnelles verticales, horizontales ou inclinées)
- Haubanage/contreventement des éléments de construction/décombres instables
- Etayage d'urgence par l'extérieur au moyen d'engins de chantier (chargeurs télescopiques, grues mobiles)

Enlèvement des décombres dangereux

Enlever les débris qui risquent de tomber dans la zone de l'axe d'intervention (attention : éviter l'effet mikado).

Travaux de sauvetage

- Adapter les procédures tactiques et techniques aux décombres.
- Choisissez la voie de la « moindre résistance ». Ne pas modifier inutilement les décombres.
- Ne pas enlever, affaiblir, déplacer ou rétablir inutilement les décombres ; éviter les effets de mikado et de domino.

Substances dangereuses dans les débris

Généralités

Les décombres peuvent renfermer diverses substances très dangereuses et insidieuses. Ces substances dangereuses peuvent être inflammables/explosives, toxiques, corrosives, pathogènes ou radioactives. Dans ce contexte, on parle aussi des dangers NBC (nucléaires, biologiques, chimiques). Souvent, ces dangers sont imperceptibles pour les sens humains ou ne sont perçus que trop tard. Et pourtant, leurs effets sur les humains et l'environnement sont généralement graves. Les substances dangereuses peuvent agir sur une grande surface et, dans certains cas, être «propagées» vers l'extérieur. Les substances libérées par les tremblements de terre, inoffensives en soi, peuvent se mélanger à d'autres substances pour former un mélange dangereux.

Bien qu'il ne s'agisse pas de véritables risques NBC, les risques liés à l'approvisionnement en eau et en électricité des bâtiments sont également inclus.

Les substances dangereuses ne se trouvent pas seulement dans des bâtiments ou des installations à affectation spéciale (industrie, stations-service, centrales énergétiques, hôpitaux, etc.), mais elles peuvent être présentes dans tout foyer normal.

Les substances dangereuses représentent un grand danger insidieux dans les décombres ! Une attention toute particulière doit donc leur être attachée lors des interventions.

En raison de la complexité du sujet, ce document ne peut traiter que de quelques aspects importants du sauvetage dans les décombres. De plus amples informations sur la protection NBC sont contenues dans les documents de la Coordination suisse des sapeurs-pompiers CSSP.



<https://www.feukos.ch/fr/documents/>

Les documents comprennent un manuel, un aide-mémoire et un dépliant pour les interventions NBC.

Substances dangereuses importantes dans les décombres

Substances dangereuses	Commentaires
Gaz naturel	– Approvisionnement en gaz des bâtiments d'habitation – Généralisé dans les villes – Plus léger que l'air (monte) – Non toxique – Combustible, explosif – Odorant (mélange d'odeurs)
Propane, butane	– Gaz liquide en bouteille (barbecue, camping) – Plus lourd que l'air (descend) – Combustible, explosif – Les bouteilles surchauffées peuvent exploser – Odorant
Essence	– Liquide et gaz plus lourde que l'air (coule /descend) – Toxique – Combustible, explosif – Odorante
Électricité	– Danger d'électrocution dû à des lignes/appareils endommagés et sous tension. – Les tensions ne peuvent être constatées qu'au moyen d'un appareil de mesure
Produits chimiques dans les immeubles d'habitation	– Produits de nettoyage et détergents – Engrais, insecticides, pesticides, etc. – Le danger ne doit pas être sous-estimé
Amiante	– Fibre minérale dans les revêtements de toit/façade, les sols, les murs, les plafonds, les panneaux coupe-feu, etc. – Peut provoquer le cancer par inhalation
Eau	– Pression de l'eau pour l'approvisionnement domestique ≈ 5 bars (50 m de colonne d'eau) – Danger de noyade dans les sous-sols – Le contact avec d'autres substances (par exemple des produits chimiques libérés) peut provoquer des réactions dangereuses.

Substances dangereuses	Commentaires
Monoxyde de carbone CO	– Résulte d'une combustion imparfaite (feu couvant, groupe électrogène avec moteur à combustion, scies à moteur, etc.) – A peu près le même poids que l'air, se disperse dans les pièces – Toxique – Combustible – Pas de trace visible ni d'odeur
Sulfure d'hydrogène H₂S	– Gaz produit lors de la décomposition de la biomasse (gaz de fermentation) – Dans les égouts, les caves, etc. – Plus lourd que l'air (descend) – Combustible – Hautement toxique ! – Odorant en faible concentration (œufs pourris) – En concentration élevée et mortelle, il n'y a plus d'odeur – danger de mort extrême ! – Non visible
Augmentation de la radioactivité	– En raison de sources radioactives exposées ou endommagées dans les hôpitaux, les cabinets médicaux, l'industrie, etc. – Selon le type de rayonnement et le débit de dose ou la dose absorbée, des dommages précoces ou tardifs sont possibles. – Ni visible, ni odorant, ni perceptible – Particulièrement dangereux si des substances radioactives pénètrent dans l'organisme (incorporation)

Identification et évaluation des dangers

Reconnaissance subjective des dangers

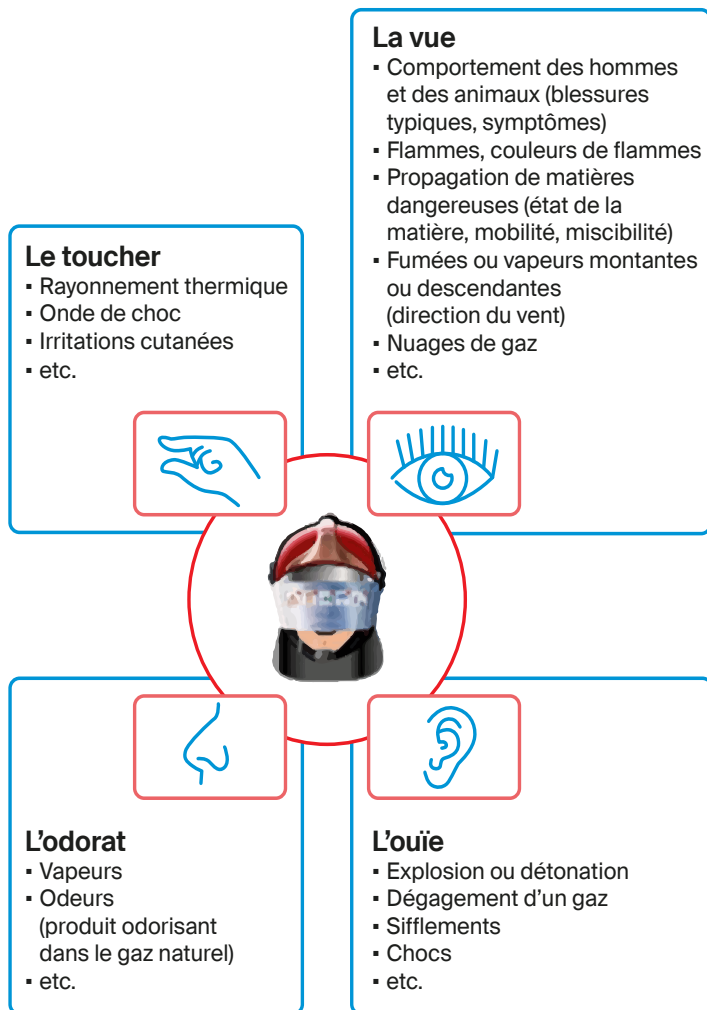


Fig. 23 : Reconnaissance subjective des dangers (CSSP)

Nos sens ne sont pas capables de percevoir toutes les substances dangereuses.

Reconnaissance objective des dangers

Les substances dangereuses ne peuvent souvent être identifiées que par des indications sur les embal-

lages/conteneurs, par le type d'emballage (par exemple les bonbonnes de gaz) ou par des mesures effectuées à l'aide d'un appareil approprié.

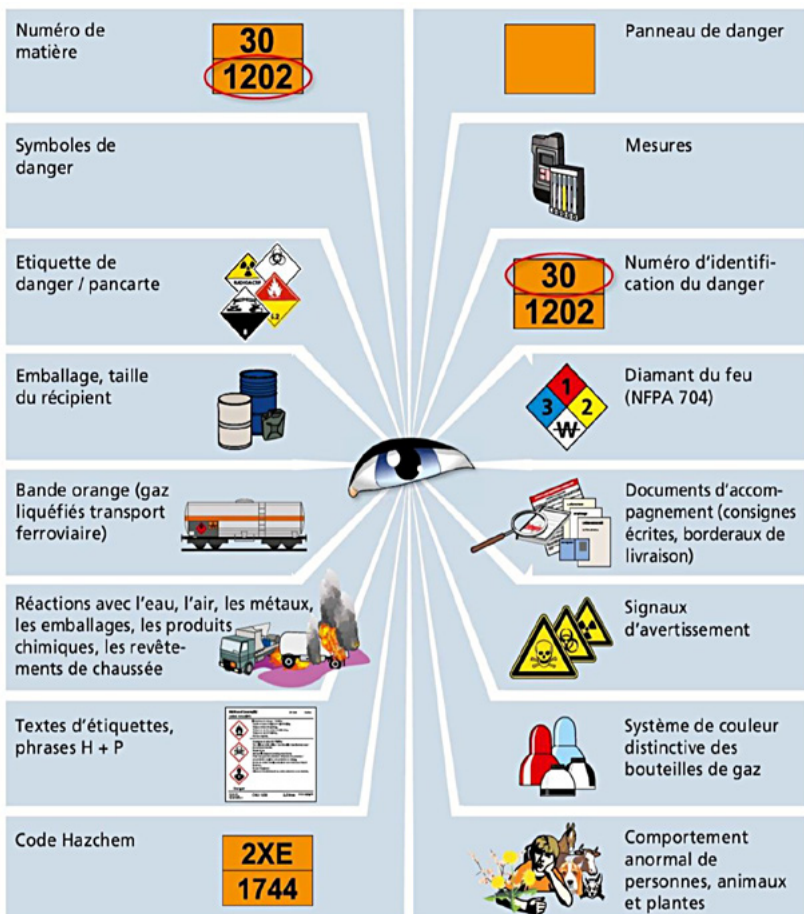


Fig. 24 : Reconnaissance objective des dangers (CSSP)

Évaluation des dangers

L'évaluation du danger et la détermination des mesures nécessaires requièrent des compétences spécialisées. Souvent, seuls des spécialistes sont en mesure de le faire.

		Etats de la matière		
				
		solide	liquide	gazeux
Risque pour				
 Forces d'intervention		faible	grand	très grand
 Population		faible	moyen	très grand
 Environnement		moyen	grand	moyen

Fig. 25 : Évaluation du danger des substances chimiques sur la base de l'état de la matière (CSSP)

Sans connaissance précise de la substance, le danger des produits chimiques peut être estimé sommairement sur la base de l'état de la matière. Dans le cas de dangers radioactifs ou biologiques, une évaluation à l'aide de ce tableau n'est pas possible.

Lors des opérations de sauvetage dans les décombres, tous les gaz et vapeurs dangereux qui sont plus lourds que l'air présentent un risque particulier en s'enfonçant dans les sous-sols, les puits, les canaux et les cuvettes. Sans mesures techniques (par exemple, ventilation ou aspiration), ils restent en profondeur et constituent une menace constante pour les sauveteurs et les personnes emprisonnées.

Une évaluation objective des valeurs mesurées (par exemple, les relevés des détecteurs de gaz ou des dosimètres) ne peut en général être réalisée que par un spécialiste. Ces dispositifs servent principalement de systèmes d'alerte précoce pour les sauveteurs. Ils déclenchent automatiquement une alarme à une concentration prédéfinie qui n'est pas encore dangereuse. Cela donne aux sauveteurs suffisamment de marge pour quitter la zone de danger à temps et se mettre en sécurité.

Mesures de sécurité

Règles générales de sécurité :

- Si des substances dangereuses sont identifiées ou attendues en raison de l'utilisation du bâtiment, l'opération de sauvetage doit être interrompue, la zone dangereuse doit être évacuée, bouclée et une évaluation doit être effectuée par un spécialiste.
- En cas d'incendie, de fumée ou d'explosion, l'opération n'est effectuée que sous la conduite des sapeurs-pompiers.

Principes généraux

- Effectuer une reconnaissance approfondie.
- Obtenir des informations auprès des occupants de l'immeuble, des propriétaires de biens immobiliers, des propriétaires d'entreprises, etc.
- En cas de doute, toujours consulter un spécialiste.
- Identifier les dangers / points dangereux, effectuer éventuellement des mesures.
- Effectuer une analyse risques-utilité. Si le risque est trop élevé : No Go – annuler l'intervention.
- Toujours supposer le pire scénario.
- Boucler la zone de danger ou isoler le danger.
- Connaître sa propre équipe – ne prendre que des mesures qui sont sûres et maîtrisées.

- Éviter à tout prix la contamination.
- Tenir compte de la direction du vent et de la topographie.
- Définir et communiquer les règles de comportement.
- Interdire de manger, de boire ou de fumer dans la zone de danger.
- Préparer des moyens en vue d'une simple décontamination grossière.
- Empêcher la contamination par dissémination.
- Ne pas utiliser de moteurs à combustion dans des espaces clos ou confinés. Installer les groupes électrogènes à une distance suffisante.
- Préparer les moyens d'extinction.

Équipement de protection personnel

L'équipement de protection personnel doit être systématiquement porté :

- Vêtements longs et fermés.
- Gants, casque et lunettes de protection.
- Porter un masque de protection approprié en cas de formation de poussière.
- Si nécessaire : porter des vêtements de protection appropriés.

Lignes d'approvisionnement

Veiller à ce que les lignes d'approvisionnement en eau, en électricité et en gaz desservant l'objectif d'intervention soient fermées.



Fig. 26 : Exemple d'un détecteur multigaz (g) (MSA) et d'un dosimètre (d)

Dispositif de signalisation des risques = assurance vie

- Toujours porter un détecteur multigaz (mesurant les gaz combustibles, la teneur en oxygène, le monoxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène) en entrant et en progressant dans des décombres et des espaces confinés.
- Avant d'y entrer, vérifier d'abord les puits par le haut au moyen du détecteur de gaz.
- En cas de soupçon de présence de matières radioactives, toujours porter un dosimètre sur vous.
- Le dispositif de signalisation des dangers est porté par la personne qui se trouve devant.
- Si l'appareil déclenche une alarme, quitter immédiatement la zone de danger.

En cas d'alarme du dispositif d'alerte, quitter immédiatement la zone de danger, interpréter les valeurs mesurées (par une personne compétente) et déterminer la suite des opérations.

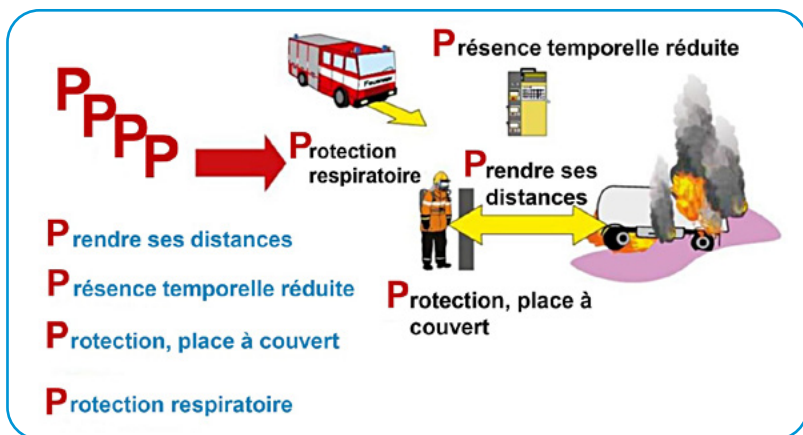


Fig.27 : Règle 4-P (CSPS)

Règle 4-P

- Garder une distance aussi grande que possible par rapport à la source du danger. **Règle empirique** dans le cas de risque d'explosion : garder une distance de sécurité de 200 m.
- Réduire au maximum la durée d'exposition dans la zone de danger.
- Exploiter les moyens de se mettre à couvert.
- Si nécessaire : porter un appareil respiratoire approprié.

Ventilation

- Si plusieurs sauveteurs travaillent dans des espaces confinés et mal ventilés, la teneur en oxygène de l'air peut rapidement diminuer.
- Avec une unité de ventilation simple, l'air frais peut être fourni en continu de l'extérieur, la poussière peut être évacuée et le bien-être et le rendement des sauveteurs peuvent être améliorés.



Fig.28 : Exemple d'un dispositif de ventilation simple (RAMFAN)

Sécurité dans les décombres

Risques particuliers pour les personnes piégées

Les dangers et les risques touchent non seulement les secouristes, mais aussi les personnes coincées dans les décombres qui ne peuvent pas s'échapper en cas d'urgence.

Les sauveteurs peuvent également provoquer des dangers/risques.

Dangers liés aux opérations de sauvetage

- Effondrement des cavités, chute de débris.
- Risque de suffocation dû à l'infiltration de matériaux fins ou à la pénétration d'eau (par exemple, l'eau pour le refroidissement/ la lubrification des outils à pointe de diamant).
- Risque de blessure dû au matériel de sauvetage (marteaux de perforation et de démolition, scie électrique, chalumeau découpeur, etc.)
- Danger lié à la pénétration des gaz d'échappement des moteurs à combustion.

- Risque d'abandon de soi d'une personne ensevelie. Si une victime perçoit des actions à la surface des débris, mais ne reçoit aucune confirmation des sauveteurs qu'elle a été localisée et que son sauvetage est en cours, sa volonté de survivre diminue généralement très rapidement ou s'éteint. (Sentiment d'être abandonné à son sort ou non découvert et définitivement perdu).

Mesures de sécurité pendant les travaux de sauvetage pour protéger les personnes emprisonnées

La plus grande attention doit être accordée à la protection des personnes piégées. Il serait tragique qu'elles soient inutilement blessées par des erreurs tactiques ou techniques évitables de la part de l'équipe de sauvetage.

Comportement tactique de base

Ajustement de la procédure tactique :

- Toujours tenir compte de la sécurité de la personne emprisonnée en déterminant l'axe d'intervention. Si nécessaire, accepter de faire des détours.
- Prendre contact avec la personne localisée et maintenir le contact tout au long de l'opération de sauvetage.

Vibrations

- Marcher prudemment dans les zones où des personnes sont susceptibles d'être ensevelies (en particulier les cônes de débris/débris de bordure faits de matériaux à grain fin). Ne pas piétiner les cônes de débris sans reconnaissance préalable.
- Évitez les chocs et les fortes vibrations (par exemple, les gros marteaux de perforation et de démolition).
- Tant que des personnes sont supposées se trouver sous les décombres, ne jamais rouler sur les décombres avec des engins de chantier lourds !

Ouvrir les décombres

Hypothèse de base : derrière chaque obstacle, il peut y avoir une personne vivante !

- Avant d'ouvrir des pièces fermées à clé, toujours faire soigneusement un trou/une ouverture spéciale et vérifier à l'aide d'une caméra télescopique si une personne est emprisonnée derrière elle (localisation précise). Si c'est le cas, déterminer l'emplacement exact de la personne.
- Si des décombres doivent être ouverts directement au-dessus, à côté ou en dessous d'une personne piégée, toujours utiliser une technique de «coupe propre» (empêcher les débris, la poussière, les liquides de pénétrer dans la cavité).
- Protéger la personne contre l'effet d'un engin de sauvetage dangereux.

Les opérations de sauvetage dans les décombres exigent non seulement de la force et de la détermination, mais aussi de la prévoyance et de la sensibilité.

Tactique / technique d'intervention

Processus d'intervention

Il existe deux processus d'intervention connus pour les équipes USAR :

- La **méthode en 5 phases** a fait ses preuves. Elle a été développée dès la Seconde Guerre mondiale et se concentre sur le déploiement vers un objectif d'intervention attribué.
- Selon les Lignes directrices INSARAG, la méthode des niveaux ASR (Assessment, Search and Rescue) est fondamentalement comparable à la méthode des 5 phases. Cependant, le processus ne comprend pas seulement l'opération de localisation et de sauvetage sur l'objectif d'intervention, mais commence également au préalable par la reconnaissance spatiale et sectorielle dans le but de délimiter les secteurs et définir les objectifs d'intervention potentiels.

Aperçu de la méthode en 5 phases

Phase 1 Reconnaissance / Premières La reconnaissance ne s'arrête jamais!	- Aperçu général - Interrogation / enquête - Dangers et risques - Type de construction / formes de destruction - Lieux de résidence des personnes - Décision d'intervention, premières mesures
Phase 2 Recherche / Sauvetage simple	- Recherche systématique d'endroits facilement accessibles - Détection des dangers pas encore identifiés - Sauvetage des personnes retrouvées
Phase 3 Localisation / Sauvetage technique	- Localisation technique/biologique - Ouverture des décombres et pénétration dans des poches de survie connues - Sauvetage des personnes retrouvées
Phase 4 Progression jusqu'aux victimes se trouvant dans des poches de survie	- Recherche d'autres poches de survie possibles - Ouverture des décombres et pénétration dans les poches de survie supposées - Sauvetage des personnes retrouvées
Phase 5 Sgombero delle macerie	- Si des personnes sont toujours portées disparues ou supposées l'être - Déblayage soigneux des décombres - Avoir éventuellement recours avec prudence à des machines de chantier lourdes - Sauver les survivants (retour à la phase 3) - Dégagement des morts

Vue d'ensemble de la méthode du niveau ASR

Niveau ASR	Désignation	Objectif	Exécution qui/où
1	Évaluation de l'ensemble de la zone	Premier aperçu. Subdivision de la zone sinistrée en secteurs et élaboration d'un plan de travail.	Organe de conduite/ premiers secours/équipes USAR

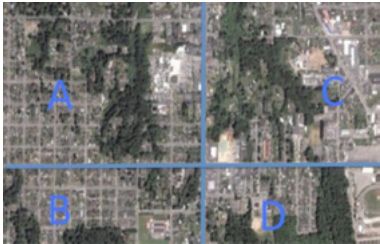


Fig. 29 : Exemple de division d'une zone sinistrée en secteurs A-D (INSARAG)

2	Reconnaissance par secteur	Identification de sites de travail possibles, dans lesquels des vies pourraient être sauvées, à l'intérieur du secteur.	Équipes USAR dans le secteur qui leur a été attribué
---	----------------------------	---	--

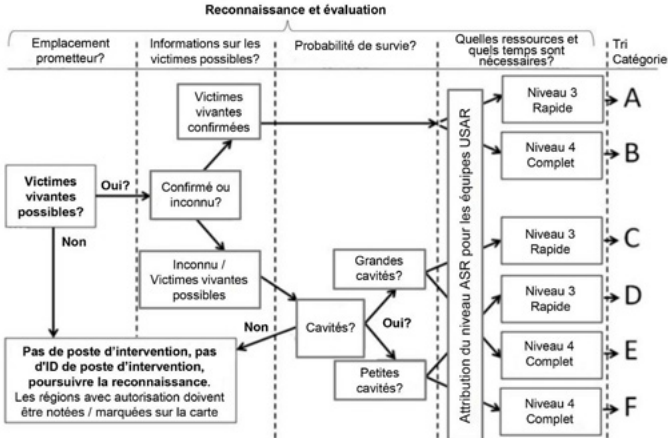


Fig. 30 : Processus décisionnel pour le tri des objectifs d'intervention possibles (INSARAG)

Niveau ASR	Désignation	Objectif	Exécution qui/où
------------	-------------	----------	------------------



Fig.31 : Exemple d'objectifs d'intervention potentiels (A-1, A-2, A-3, A-4) dans le secteur A (INSARAG)

3	Première opération de recherche et de sauvetage	Recherche et sauvetage rapides, pour sauver le maximum de vies !	Équipes USAR sur l'objectif d'intervention
4	Opération secondaire de recherche et de sauvetage	Recherche approfondie, avec tous les moyens des équipes USAR, pour sauver des vies.	Équipes USAR sur l'objectif d'intervention
5	Opération de recherche et de récupération des victimes sur toute la zone	Recherche de personnes vivantes et décédées, déblaiement des décombres sur l'ensemble de la zone.	Organe de conduite, parfois avec les équipes USAR

Ce ne sont pas les équipes USAR qui décident de la formation des secteurs et de la sélection des objectifs d'intervention définitifs, mais l'organe de conduite compétent.

Comparaison Méthode des niveaux ASR – Méthode à 5 phases

Méthode des 5 niveaux ASR		Méthode des 5 phases
1	Évaluation de l'ensemble de la zone	Concentration sur l'objectif d'intervention Phase 1 Reconnaissance / Premières mesures Phase 2 Recherche / Sauvetage simple Phase 3 Localisation / Sauvetage technique Phase 4 Progression jusqu'aux victimes se trouvant dans des poches de survie Phase 5 Sgombero delle macerie
2	Évaluation par secteur	
3	Première opération de recherche et de sauvetage sur l'objectif d'intervention	
4	Opération secondaire de recherche et sauvetage sur l'objectif d'intervention	
5	Opération de recherche et de récupération des victimes sur toute la zone	

La présente documentation porte essentiellement sur la mission de localisation et de sauvetage sur un objectif d'intervention assigné. La **méthode en 5 phases** est donc utilisée comme processus d'intervention.

Phase 1
Reconnaissance /
Premières mesures

Phase 1 : Reconnaissance et premières mesures

Objectif de la reconnaissance de l'objectif

Obtenir des informations détaillées sur l'emplacement d'un objectif d'intervention (généralement un bâtiment) et sur son voisinage immédiat.

La reconnaissance de l'objectif sert de base pour :

- la **décision définitive d'intervention**,
- le déclenchement de (nouvelles) mesures immédiates,
- l'organisation et les installations de l'objectif d'intervention,
- le concept de sécurité et l'organisation d'urgence,
- l'exécution des premiers sauvetages immédiats et des mesures de sécurisation,
- la détermination de la marche à suivre.

Pour cette raison, la reconnaissance initiale de l'objectif doit être aussi complète que possible.

Procédure et contenu de la reconnaissance de l'objectif

Procédure

- Evaluer d'abord les décombres uniquement de l'extérieur (faites le tour) ; ne **pas** pénétrer dans les décombres et leurs zones de projection avant une première évaluation de la sécurité, ne pas modifier les décombres !
- Les drones modernes sont particulièrement adaptés à l'exploration de zones dangereuses ou inaccessibles.
- Ne pas effectuer seul la reconnaissance, mais avec une équipe (chefs de section, chefs de groupe, REDOG, spécialistes, etc.).

- Marcher à la surface des décombres, mais ne pas y entrer.
- Interroger les résidents, les propriétaires de commerces ou d'entreprises, les voisins, etc.
- Observer avec les yeux, les oreilles et le nez.
- Faire un croquis, noter les résultats.

**La reconnaissance ne s'arrête jamais !
Elle se poursuit pendant toute la durée de la mission.**

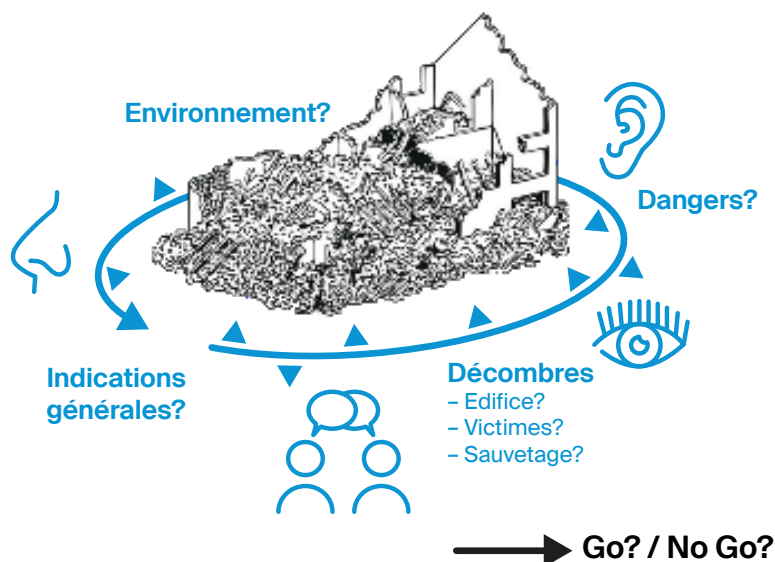


Fig. 32 : Reconnaissance de l'objectif d'intervention

Critères d'évaluation	Remarques
Informations générales – Adresse et coordonnées de l'objectif d'intervention? – Délimitation? – INSARAG ID (identification)? – Propriétaire d'immeuble, interlocuteurs? – Équipes USAR engagées auparavant?	Numéro d'identification attribué Entente (rapport de coordination), informations
Bâtiments/décombres – Bâtiment? – Classe de dommages? – Stabilité résiduelle? – Que se passe-t-il lors des tremblements/répliques? – Voies de fuite?	Construction, sol de fondation, étages, utilisation, entrées, etc. voir page 26
Dangers – Risques liés aux décombres? – Eau, gaz naturel, électricité, égouts? – Feu, fumée? – Substances dangereuses? – Risque de chute? – Autres dangers?	Ce qui peut tomber, s'effondrer, basculer, glisser Zones d'ombre des décombres
Victimes – Nombre de victimes vivantes/mortes? – Endroit où elles se trouvent? – Présence de cavités? – Probabilité de survie? – Possibilités de pénétration, technique de sauvetage, effort nécessaire? – Chances et risques d'un sauvetage?	Connu/inconnu, disparu, supposé Connu/inconnu, supposé Probable : en présence de gros débris Peu probable : en présence de petits débris très denses.
alentours – Dangers? – Accessibilité? – Lieux sûrs? – Endroits où se trouvent les installations de la place sinistrée? – Population? – Formations voisines?	

Critères d'évaluation	Remarques
Poste supérieur, bases – Poste de conduite supérieur (commandement de la zone sinistrée/du secteur)? – Installations supérieures? – Logistique? – Moyens de communication en état de fonctionnement?	Connexions, moyens de communication Service de secours, hôpital, poste collecteur dans le secteur/la zone Transport, subsistance, matériel Radio, téléphone mobile, etc.

Décisions et mesures initiales

Après ou, si nécessaire, déjà pendant la reconnaissance de l'objectif, les premières décisions et les premières mesures doivent être prises. Si la sécurité le permet, certaines de ces mesures peuvent parfois être exécutées en parallèle.

Décision définitive d'intervention

La décision définitive d'intervention ne peut être prise qu'après une reconnaissance personnelle. Il est délicat d'effectuer une intervention sans mener ses propres investigations uniquement sur la base d'une reconnaissance par un tiers.

GO : L'intervention est **sûre** et **prometteuse**

NO GO : L'intervention est trop **dangereuse** ou **personne ne** manque à l'appel.

L'équipe est responsable de sa propre sécurité et décide. La sécurité de ses membres est une priorité absolue. Si le risque est trop élevé, l'intervention ne doit pas être réalisée – même s'il est certain qu'il y a des personnes vivantes coincées dans les décombres. Pour la décision, le temps disponible doit également être pris en compte :

- Combien de temps dureront les opérations de sauvetage?
- Combien de temps les sauveteurs devront-ils rester dans les zones dangereuses?

Sauvetages immédiats

Si les premières victimes sont déjà découvertes à la surface des décombres lors de la reconnaissance de l'objectif, le sauvetage doit être effectué le plus vite possible. Toutefois, il doit être possible de le faire en toute sécurité et rapidement. L'expérience montre cependant que ces sauvetages simples ont déjà été effectués par des proches ou des voisins peu après le tremblement de terre et avant l'arrivée des forces de secours.

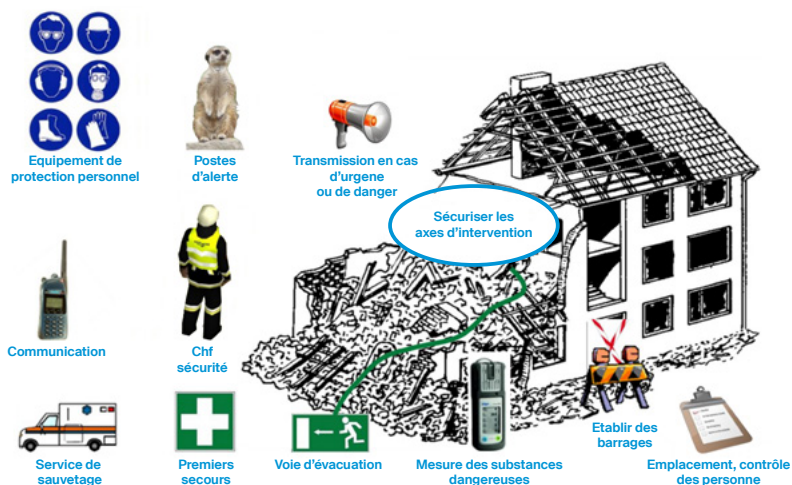


Fig.33 : Aperçu des mesures de sécurité et d'urgence

Concept de sécurité et d'urgence

Les mesures de sécurité et d'urgence doivent être clairement communiquées à tous les membres de l'équipe, faire l'objet d'un examen continu et leur application doit être contrôlée et imposée :

- Dangers et risques particuliers sur l'objectif d'intervention.
- Comportement lors d'une opération de sauvetage et en cas d'urgence.

Pour plus de détails sur la sécurité et les mesures de sécurité, voir page 22 (Sécurité dans les décombres).

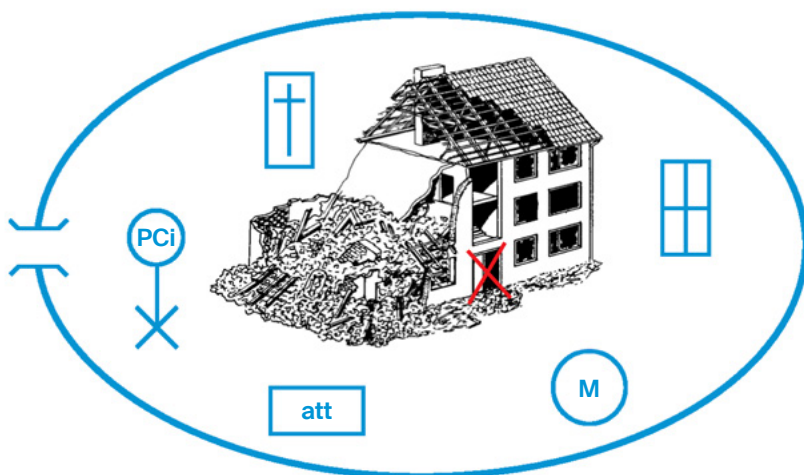


Fig. 34 : Installations importantes sur l'objectif d'intervention

Installations sur la place sinistrée

Les installations importantes sur l'objectif d'intervention sont :

- Poste de conduite front/mobile
- Dépôt de matériel
- Place d'attente
- Poste collecteur de patient
- Poste collecteur de cadavres (morgue)

Marquage de l'objectif d'intervention (Workside Marking)

Le marquage de l'objectif d'intervention commence au début de la mission, est complété pendant la mission et se termine après l'achèvement de tous les travaux. Il est possible que non seulement une, mais plusieurs équipes USAR soient déployées l'une après l'autre sur l'objectif d'intervention jusqu'à la fin de la mission. Les équipes qui succèdent aux autres poursuivent le marquage qui a été commencé.

Points importants :

- Le marquage est placé sur le côté avant ou à l'entrée principale de l'objectif d'intervention/du bâtiment. Si c'est impossible, une flèche peut servir à indiquer l'emplacement de l'objectif d'intervention.
- Le marquage est généralement appliqué avec de la peinture orange (spray imperméable, peinture de construction, etc.) (le contraste avec le support est plus important que la couleur).
- La taille du rectangle est la suivante : longueur x hauteur = 1,2 m x 1,0 m.
- Indications à l'intérieur du rectangle :
 - ID de l'objectif d'intervention (environ 40 cm de haut)
 - ID de l'équipe USAR (environ 10 cm de haut)
- Niveau ASR achevé (environ 10 cm de haut)
- Date (environ 10 cm de haut)
- Indications en dehors du rectangle :
 - Substances dangereuses connues (au-dessus)
 - Catégorie de tri (en dessous)
- Des informations supplémentaires (par exemple sur les personnes sauvées/dégagées ou encore disparues) peuvent être ajoutées à gauche et à droite du rectangle.
- Si aucune autre personne n'est portée ou supposée disparue, ou si aucune autre opération de sauvetage n'est effectuée (par exemple en raison des risques encourus), la fin de l'objectif d'intervention est signalée par une ligne horizontale au milieu du rectangle.

Des détails et des exemples supplémentaires se trouvent dans les documents originaux des Lignes directrices INSARAG.

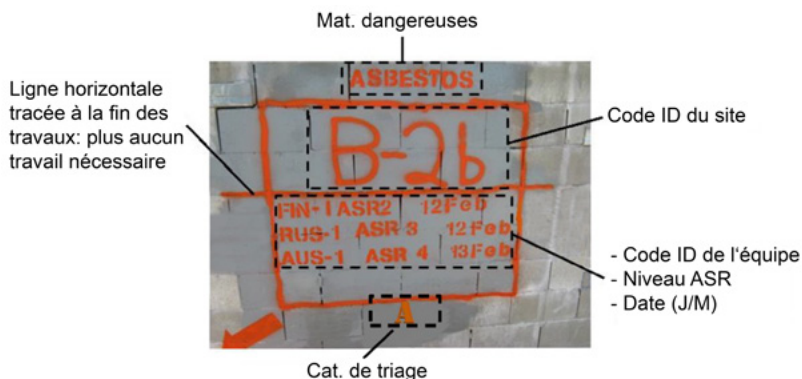


Fig. 35 : Marquage de l'objectif d'intervention selon les Lignes directrices INSARAG (exemple)

*Marquage de l'autorisation rapide
(Rapid Clearance Marking RCM)*

Dans la zone sinistrée, seuls sont marqués les objectifs d'intervention autorisés par l'organe de conduite. Tous les autres lieux et objets de la zone touchée par le tremblement de terre restent sans marquage. Afin d'éviter des recherches multiples par différentes équipes, et par là même une perte de temps, il peut être utile de marquer également ces lieux (par exemple à proximité des objectifs d'intervention). Il s'agit généralement de petits objets (par exemple des véhicules, des remises, etc.) ou de zones limitées (par exemple, de petits cônes de décombres).

Le «Rapid Clearance Marking» selon INSARAG est utilisé à cette fin. Ce marquage ne peut être appliqué que si l'endroit peut être fouillé complètement et rapidement et s'il existe des preuves évidentes, après la recherche, qu'il n'y a plus de victimes vivantes (ASR niveau 5 ou phase 5 est terminée).

Un losange (environ 20 x 20 cm) et une couleur bien visible sont utilisés pour le marquage.



C signifie : il n'y a plus de personnes vivantes ou décédées («Clear»)



D signifie : seules des personnes décédées ont encore pu être détectées («Deceased Only»)



**AUS-1
07JUL**

Sous le marquage sont inscrits le nom de l'équipe USAR et la date. Dans cet exemple, l'équipe «AUS-1» a recherché l'objet et a conclu avec «Clear» le 7 juillet.

Des détails et des exemples supplémentaires se trouvent dans les documents originaux des lignes directrices d'INSARAG.

Autres mesures possibles

- Barricader/marker les zones de travail et de danger.
- Effectuer les premières mesures de sécurisation et d'étayage.
- Organiser l'équipe USAR.



Fig.36 : Exemples de marquages à autorisation rapide (INSARAG)

Phase 2
Recherche / Sauvetage
simple

Phase 2 :
Recherche et sauvetage simple

Objectifs de la phase 2

- Localisation de toutes les victimes à la surface et dans des endroits facilement accessibles.
- Poursuite de la reconnaissance des objectifs, en particulier identification des dangers pas encore reconnus.
- Sauvetage/dégagement des victimes non ensevelies ou légèrement ensevelies ou légèrement bloquées.

Recherche

Préparation et organisation

- Délimiter la zone de recherche.
- Assurer un silence absolu sur la place sinistrée.
- Equiper les sauveteurs de lampes de poche, de matériel de marquage, de matériel de premiers secours et d'outils simples à usages multiples.
- Rassembler les sauveteurs sur une ligne à une distance de 2-3m d'une personne à l'autre, le chef au milieu ou, former des équipes de 2 à 3 sauveteurs et attribuer des zones de recherche.

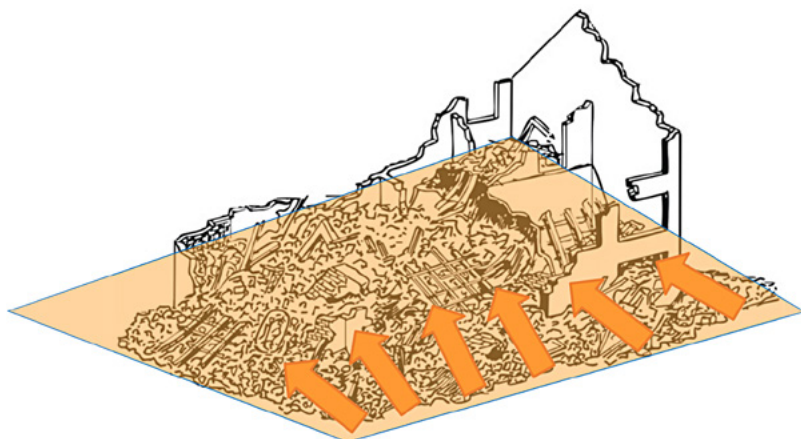


Fig.37 : Recherche de l'objectif d'intervention

Mise en œuvre

- Passer systématiquement au peigne fin et ratisser visuellement et acoustiquement toutes les surfaces, ouvertures et espaces de la zone de décombres et des bâtiments qui sont librement accessibles ou directement visibles.
- Travailler du bord des décombres au centre, dans des bâtiments de plain-pied depuis le sous-sol, en remontant étage par étage.
- Être attentif aux dangers cachés et aux dégâts causés aux bâtiments.
- Ne pas modifier les décombres, ne pas entrer dans les décombres.
- Éclairer les ouvertures ou les pièces sombres et écouter.
- Marquer les objets trouvés.
- Finir la recherche dans les décombres et les bâtiments.

En cas de découverte de victimes :

- Faire **immédiatement** un rapport au chef de l'objectif d'intervention!
- S'occuper de la personne et l'interroger ; si nécessaire, prendre les premières mesures immédiates pour lui sauver la vie.
- Un sauveteur reste auprès de la personne. Celle-ci ne doit **jamais** être laissée seule.
- Il s'agit toujours de partir du principe qu'une personne inconsciente est encore en vie, même si les sauveteurs ne peuvent plus détecter de signes de vie.

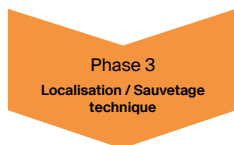
Si, en raison de ses blessures, la mort d'une victime n'est pas évidente pour le profane, elle ne peut être confirmée que par un expert médical !

Sauvetage simple

Dans la phase 2, seules sont secourues les victimes qui peuvent l'être rapidement et avec succès sans avoir recours à des équipements lourds. Il n'est pas prévu de procéder à une ouverture et à une pénétration à grands efforts des décombres.

Il est important que les victimes blessées reçoivent rapidement des soins médicaux (si possible pendant qu'elles sont encore dans les décombres) d'un membre qualifié de l'équipe USAR et soient rapidement prises en charge par les services d'urgence locaux.

En principe, l'intervention d'une équipe USAR light se **termine** par la phase 2.



Phase 3 : partie «Localisation»

Généralités, objectifs

Si le lieu où se trouvent les victimes emprisonnées dans les décombres ne peut être repéré dès la recherche (par exemple sur la base de témoignages fiables, visuellement par les ouvertures existantes dans les décombres ou par des appels ou des coups donnés par les victimes elles-mêmes), il convient de les localiser en utilisant des méthodes spéciales.

Pour une équipe USAR medium, la capacité à mener une opération de localisation de manière professionnelle est un facteur clé de succès.

Un groupe de localisation compétent et bien équipé devrait donc faire partie intégrante de l'équipe de l'USAR. Si cela n'est pas possible, un groupe de localisation doit être disponible sur l'objectif d'intervention, surtout au début de l'opération. Si le groupe de localisation n'est que temporairement affecté à la collaboration, il est impératif qu'un rapport de coordination ait lieu entre le chef du groupe de localisation et le chef de l'objectif d'intervention selon la procédure prévue.

Si un contact peut être établi avec la personne localisée, il s'agit de maintenir ce contact jusqu'à ce que les travaux de sauvetage soient terminés. La personne ensevelie peut être une source précieuse d'informations (par exemple sur les autres victimes, les dangers, les possibilités d'accès, etc.)

**Une personne localisée ne doit jamais être laissée seule !
Un sauveteur doit rester sur place et maintenir un contact permanent (en parlant, en appelant, en frappant, etc.).**

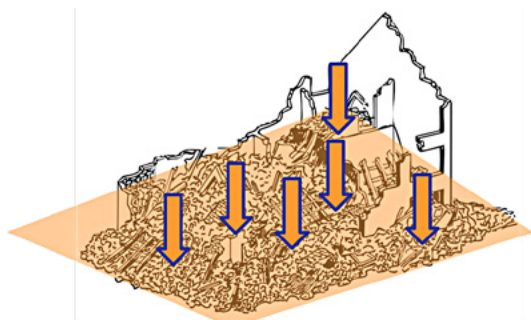
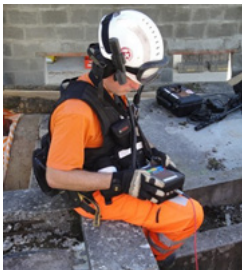
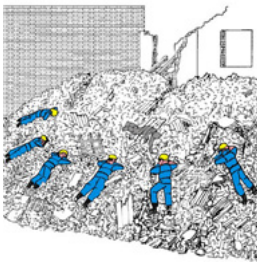


Fig. 38 : Localisation des personnes emprisonnées dans les décombres

Aperçu des méthodes de localisation

Pistage canin	Localisation technique	Localisation de fortune
 – Localisation avec les chiens de secours – Très fiable – Plusieurs années de formation requises	 – Localisation à l'aide de dispositifs techniques – Fiabilité dépendant du système – Une formation prolongée est généralement nécessaire	 – Localisation avec la méthode Knock-Call-Hear – Les victimes doivent encore pouvoir répondre – Très simple, même pour les personnes non formées

Selon la situation, le pistage canin et la localisation technique sont utilisés en combinaison. Le principal partenaire de la protection civile en Suisse est REDOG, la Société suisse pour les chiens de recherche et de sauvetage. Elle dispose, à l'échelle plus ou moins nationale, d'équipes bien formées pour le pistage canin et la localisation technique.

Pistage canin

La truffe du chien, avec son excellente capacité olfactive, est encore aujourd'hui – malgré les grandes avancées technologiques – le meilleur outil lorsqu'il s'agit de filtrer et de localiser avec précision l'odeur humaine parmi des milliers d'autres odeurs dans un tas de décombres. Les chiens de sauvetage sont très tenaces et ne laissent rien les distraire dans leur travail. Ils indiquent l'endroit à leur maître en aboyant et/ou en grattant le sol.

Un groupe de pistage se compose généralement d'un chef de groupe et de deux équipes de recherche (2 x maître-chien et chien). Une indication du premier chien doit toujours être confirmée par un deuxième chien.

Les chiens de sauvetage ne font généralement que signaler les victimes vivantes. Cependant, REDOG dispose également de chiens spécialement formés à la recherche de cadavres.

Selon la situation, l'équipe de recherche est dépendante du soutien des sauveteurs :

- Forage de trous d'odeurs supplémentaires.
- Sécurisation de l'équipe de recherche (maître-chien et chien) contre les chutes.
- Aide à l'accès sur les terrains difficiles ou les échelles.
- Transport de l'équipe de recherche à l'aide de méthodes assistées par corde.
- etc.

Localisation technique

La localisation technique est utilisée

- si les chiens de secours ne sont pas disponibles,
- si l'utilisation de chiens de secours n'est pas possible pour des raisons de sécurité,
- en combinaison avec les chiens de sauvetage,
- pour la localisation précise des personnes ensevelies (voir page 65 « Localisation approximative, ultérieure et précise »).

Aperçu des dispositifs de localisation possibles :



Fig. 39 : Exemple de dispositif d'écoute (Leader)

Dispositif d'écoute

- Des capteurs très sensibles sont systématiquement installés sur les décombres
- Les appareils peuvent percevoir les sons les plus faibles
- Les sons sont amplifiés pour le secouriste
- Grâce à une méthode acoustique-géométrique, le secouriste peut déterminer la position de la victime et entrer en contact avec des signes de cognement



Fig. 40 : Exemple d'une caméra de recherche (Savox)

Caméra de recherche

- Télescopique
- Tête de caméra pivotante avec projecteur, actionnable à la poignée
- Écran détachable
- En partie avec un système d'interphone intégré pour pouvoir parler à la victime à distance
- Particulièrement nécessaire pour une localisation précise, afin de pouvoir établir l'emplacement exact et l'état de la victime avant d'ouvrir les décombres.
- En cas d'urgence, une simple caméra d'inspection du secteur de la construction peut également servir

Caméra thermique

- En cas de poussière, de fumée ou de victime couverte de poussière
- Équipement standard des sapeurs-pompiers



Fig. 41 : Exemple d'une caméra thermique (Savox)

Bioradar

- Détection des fonctions vitales humaines (respiration, battements du cœur, etc.) à l'aide d'ondes radar
- Il y a encore peu d'expérience avec de tels dispositifs pour les sauvetages dans les décombres.



Fig. 42 : Exemple d'un appareil bioradar (MEDER)

Le réseau de téléphonie mobile peut être une autre option de localisation technique. En appelant le numéro de téléphone portable d'une personne disparue ou en faisant suivre le téléphone portable par l'opérateur, il est possible de localiser au moins approximativement l'endroit où se trouve la victime. À condition toutefois que le réseau mobile fonctionne toujours, ce qui est plutôt improbable après un grave tremblement de terre.

Localisation improvisée (méthode du toc-toc)

La **méthode martèlement-ap-pel-écoute** est utilisée lorsqu'aucun groupe de localisation professionnel n'est disponible. La méthode est très simple, mais doit être appliquée de manière absolument disciplinée. Si les victimes coincées sous les décombres sont encore capables de se manifester en appelant ou en frappant, cette méthode peut être rapidement couronnée de succès, même sans équipement spécial.

Préparation et organisation

- Délimiter la zone de localisation.
- Assurer un silence **absolu** sur la place sinistrée.
- Equiper les sauveteurs d'outils pour taper (marteau, outil polyvalent, barre de fer) et de matériel de marquage.
- Rassembler les sauveteurs alignés à une distance d'environ 2m d'un sauveteur à l'autre, le chef au milieu ou former des équipes de 2 à 3 sauveteurs et attribuer des zones de recherche.

Mise en œuvre

De droite à gauche successivement

- Frapper sur les décombres conducteurs de son (béton, conduites d'eau, etc.) avec un outil dur.
- Crier « C'est les sauveteurs qui vous parlent, répondez ! »

Après chaque coup et chaque appel, **tout le monde** est à l'écoute d'une réponse.

- Ne pas rester immobile, mais adopter une position d'écoute optimale (rapprocher votre oreille des ouvertures ou des objets conducteurs de sons) afin de pouvoir percevoir les sons même faibles.
- Si nécessaire et justifiable : retirer le casque ou la casquette pour mieux entendre

Avancer de 1 à 2 m et répéter la procédure de localisation.

Continuer la localisation de la même manière dans les zones de décombres désignées.

Si une réponse / un son est perçu :

Frapper une nouvelle fois à gauche et à droite, appeler et écouter.

Prendre contact avec la personne.

Si le contact est très faible, former un cercle avec le groupe de localisation et rechercher l'endroit permettant la meilleure communication possible en tapant, appelant, écoutant et localiser la personne avec le plus de précision possible.

Si aucune communication vocale n'est possible, convenir d'un code simple, par exemple

- « Frappez une fois pour dire oui, frappez deux fois pour dire non. Vous m'avez compris? »
- Si elle frappe une fois, la personne a compris le code

Avertir immédiatement le chef de la place sinistrée !

Marquer la position où s'est vérifié le contact (voir page 66 « Marquage des victimes »).

Un sauveteur reste sur place et maintient le contact avec la personne piégée.

La localisation est poursuivie jusqu'à la fin avec le reste du groupe.

Localisation approximative, ultérieure et précise

Dans la localisation, on fait parfois la distinction entre localisation approximative, ultérieure et précise.

Selon l'endroit où se trouve la victime dans les décombres, seule une **localisation approximative** peut être possible au début. Par exemple, si les chiens de secours ne peuvent pas s'approcher suffisamment de la victime, ils indiqueront l'endroit où l'odeur est la plus forte. Cet emplacement ne doit pas nécessairement se trouver exactement au-dessus de la victime.

Ainsi, afin de localiser la victime avec plus de précision, il peut donc être nécessaire d'effectuer une **deuxième localisation** pendant les travaux de sauvetage. En outre, les mise en danger de la personne piégée, les travaux de sauvetage inutiles et les pertes de temps peuvent être évités.

À proximité de la victime, une **localisation précise** doit généralement être effectuée à l'aide d'une caméra de recherche afin

- de déterminer l'état exact de la personne et pouvoir l'informer de la suite du procédé et du comportement souhaité,
- de pouvoir appliquer une technique de sauvetage appropriée et de protéger la personne contre les effets dangereux.

Si l'équipe USAR ne dispose pas d'un groupe de localisation permanent, les sauveteurs doivent pouvoir effectuer une localisation précise de manière indépendante!

Marquage des victimes (Victim Marking)

L'emplacement présumé d'une victime peut être signalé sur la surface des décombres au moyen d'un marquage selon INSARAG. Ce marquage est utile

- pour garder une vue d'ensemble de plusieurs endroits ou de plusieurs victimes,
- si une confusion sur le lieu exact est possible,
- si les travaux de sauvetage ne peuvent pas commencer immédiatement ou sont effectués par une autre équipe USAR.

Règles d'application du marquage de victime :

- Effectuer le marquage aussi verticalement que possible au-dessus de l'emplacement effectif de la victime.
- Marquer l'endroit d'un grand **V** (environ 50 cm de haut) avec un spray ou une peinture résistant à l'eau.
- Le nombre de victimes vivantes (L) et/ou décédées (D) est également indiqué en dessous du V.
- En option, l'emplacement exact des victimes peut en plus être affiché avec une flèche.
- Si le nombre de victimes vivantes ou décédées change, le marquage doit être adapté en conséquence.

Des détails et des exemples supplémentaires se trouvent dans les documents originaux des Lignes directrices INSARAG.

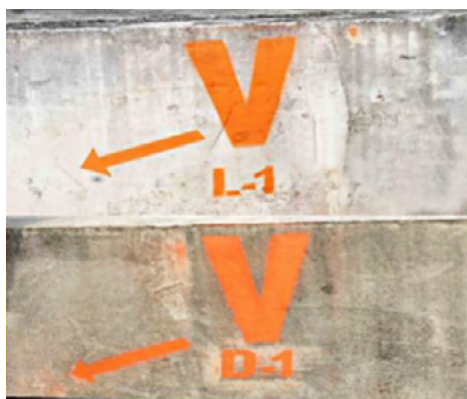
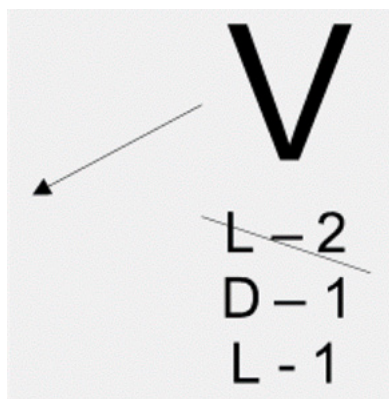


Fig.43 : Exemples de marquages de victime (INSARAG)

Phase 3
Localisation / Sauvetage
technique

Phase 3 : partie «Sauvetage technique»

L'objectif du sauvetage technique est d'avancer vers les personnes localisées avec des méthodes et des équipements techniques appropriés ainsi que de dégager les personnes des décombres.

Déroulement du sauvetage technique

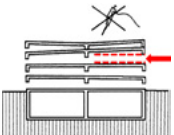
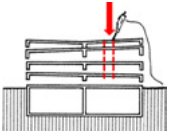
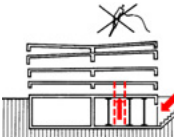
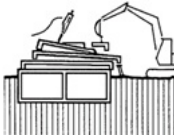
Un sauvetage technique peut se dérouler comme suit :

1. Détermination de la tactique d'intervention (principe de la solution) et attribution de missions par le chef de la place sinistrée (chef de section sauvetage).
 - Détermination des urgences et des priorités d'intervention
 - Déploiement du personnel
 - En série : exécution d'une opération de sauvetage après l'autre.
 - Parallèle : réalisation de deux ou plusieurs opérations de sauvetage avec plusieurs groupes en même temps
 - Attribution et responsabilités
 - Réserves/relèves
 - Attribution des équipements
 - Coopération avec les partenaires
2. Planification détaillée de l'opération/la technique de sauvetage par le chef de groupe sauvetage.
3. Création de l'axe d'intervention par le groupe de sauvetage.
 - Ouverture et pénétration dans les décombres jusqu'à la personne piégée au moyen de méthodes et d'équipements techniques adaptés
 - Sécurisation continue de l'axe d'intervention au moyen de mesures de sécurisation et de stabilisation appropriées
4. Préparation de la personne secourue sur le lieu où elle se trouve en vue de son transport, si nécessaire par un professionnel de la santé.
5. Sauvetage de la personne en utilisant les méthodes appropriées via l'axe d'intervention créé.
6. Remise de la personne secourue au poste d'assistance ou au nid de blessés ou directement au service de secours responsable.

Options d'intervention tactique

Sur la base des résultats de localisation, des conclusions de la reconnaissance de l'objectif en cours et des possibilités techniques d'intervention, le chef de l'objectif d'intervention prend sa décision tactique concernant le déploiement temporel et spatial de ses ressources pour sauver les personnes piégées dans les décombres. Il est conseillé de ne pas chercher seul les solutions possibles, mais en collaboration avec les chefs des équipes de sauvetage et avec les partenaires spécialisés disponibles. En fin de compte, la solution choisie doit répondre aux critères de simplicité, de faisabilité, de sécurité et d'efficacité.

Selon la situation, le chemin le plus court vers une personne piégée n'est pas toujours la meilleure solution. Au lieu de pénétrer directement à travers des éléments structurels massifs au prix d'un grand effort technique, une voie d'accès plus longue via des ouvertures, canaux, puits, vides sanitaires, etc. existants, pourvus de moins d'obstacles, s'avère souvent la meilleure alternative.

Accès	Remarques / Notes
Horizontalement par un côté  Fig. 44 : (Armée suisse)	- Galerie au travers d'espaces vides le long de sommiers, de murs effondrés ou de poutres principales et de dalles calées en biais - Seulement si les décombres sont stables - Ne pas enlever des décombres sous charge - Etayer l'axe d'intervention - Ne pas utiliser d'engins de démolition lourds
Verticalement depuis le haut  Fig. 45 : (Armée suisse)	- Perforation de puits verticaux au travers des dalles effondrées, évacuer les décombres - Pas de perforation au travers de sommiers - Ne pas enlever de décombres sous charge - Utiliser des engins de démolition lourds uniquement en présence de décombres stables - Assurer un chemin de fuite, pas de décalage latéral de puits
Verticalement par dessous  Fig. 46 : (Armée suisse)	- Accès au travers du sous-sol non enseveli et perforation de la dalle située au-dessus - Pas de perforation lorsque des décombres lourds reposent directement sur une dalle - Pas de perforation au travers de porteurs ou de sommiers - Etayage de la dalle tout autour de l'emplacement de perforation - Forage très soigneux avec des engins légers - Assurer un chemin de fuite, évent. étayages supplémentaires
Déblaiement des couches de décombres  Fig. 47 : (Armée suisse)	- Faire descendre les décombres de haut en bas les uns après les autres - Grand danger pour les personnes emprisonnées / ensevelies - N'effectuer que durant la phase 5 «Déblayer» lorsque plus aucune personne ne peut être localisée ou supposée ensevelie. - Ne pas tirer vers le bas les éléments des décombres, mais les soulever et les enlever avec prudence ; morceler éventuellement les décombres - Éviter les fortes vibrations (secousses)

Progression en présence d'éléments dommageables caractéristiques

Espace bloqué



Symbole du dommage



Fig. 48 : Espace bloqué (THW)

Description	Principes de l'intervention
– Espace bloqué, intact à l'intérieur – Sorties obstruées	– Garantir l'amenée d'air frais – Fermer les conduites d'approvisionnement – Prendre contact avec les personnes ensevelies (cavités ou par des trous percés)
– Principalement dans les étages inférieurs, notamment dans les abris – Personnes souvent indemnes	– Modes d'accès : · Dégagement des accès naturels · Perforation de paroi ou de plafond

Espace atteint



Symbole du dommage



Fig. 49 : Espace restreint (THW)

Description	Principes de l'intervention
– Parois et plafonds d'une pièce partiellement détruits – La moitié de l'espace est inaccessible à la suite du basculement d'un côté du plafond – Des parties de débris se trouvent dans la pièce – Plancher affaibli par les décombres – Personnes emprisonnées pour la plupart blessées	– Modes d'accès : · Par des pièces voisines encore intactes – Perforation d'une paroi ou du plafond à partir d'une zone moins sinistrée – Éviter de progresser par-dessus des éléments de construction ou des décombres fragilisés (danger d'écroulement)

Surface glissante



Symbole du dommage



Fig. 50 : Surface glissante (THW)

Description	Principes de l'intervention
– Plafond en grande partie effondré ou autre élément de construction – Surface inclinée rabattue en charnière – Constructions en béton souvent reliées au bâtiment uniquement par le fer d'armature – Situation des personnes au pied ou au-dessous de la surface de glissement	– Accès latéral à la cavité située au-dessous de la surface de glissement – Si possible, ne pas déplacer ou affaiblir la surface de glissement et la paroi (danger d'effondrement) – Perforation à travers la surface de glissement ou la paroi uniquement après examen ou, le cas échéant, après mise en place d'un dispositif de sécurité (construction de stabilisation).

Empilage (sandwich)



Symbole du dommage



Fig. 51 : Empilage (THW)

Description	Principes d'intervention
– Effondrement de plusieurs plafonds ou parois – Composé de plusieurs surfaces de glissement – Les éléments sont superposés plus ou moins en diagonale – Interstices remplis de décombres et d'objets de ménage – Les parois et plafonds porteurs sont très chargés – Des personnes se trouvent au pied des couches empilées, entre les couches ou au-dessous des couches	– Modes d'accès : · Accès latéral aux couches · Aménagement de couloirs rampants (hauteur réduite) ou de puits · Détacher ou retourner les couches – Dans la mesure du possible, ne pas enlever les décombres chargés – Perforation à travers les couches ou les parois uniquement après examen ou, le cas échéant, après mise en place d'un dispositif de sécurité.

Nid d'hirondelle



Symbole du dommage



Fig. 52 : Nid d'hirondelle (THW)

Description

- Pièce partiellement détruite sous les combles
- Parties de plafond ou de décombres saillantes, souvent en surplomb
- Généralement plus d'accès naturels
- Les survivants ne peuvent pas se libérer

Principes de l'intervention

- Accès souvent difficile :
 - Par les échelles ou dispositifs d'élévation de machines de chantier
 - Avec l'aide de cordes
- Pénétration à travers des murs ou des plafonds à partir de pièces intactes
- Les plafonds et les murs suspendus dans le vide risquent tout particulièrement de s'effondrer ; si nécessaire, prendre tout d'abord des mesures de sécurisation.

Escape rempli



Symbole du dommage



Fig. 53 : Espace rempli (THW)

Description

- Pièce remplie de petits/grands décombres et/ou d'eau
- Les chances de survie des personnes ensevelies sont très faibles

Principes d'intervention

- Modes d'accès :
 - Du côté avec murs perforés
 - Directement par le haut en enlevant les décombres
- Si possible, ne pas charger ou déplacer de grands éléments de décombres
- Ne pas affaiblir la paroi qui soutient des décombres, si nécessaire, la sécuriser

Décombres périphériques



Symbole du dommage

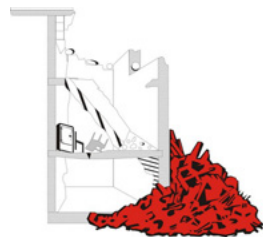


Fig. 54 : Décombres périphériques (THW)

Description	Principes d'intervention
– Cône de décombres juste le long du bâtiment – Souvent mêlé aux véhicules, pylônes d'éclairage, etc. – Les personnes ensevelies peuvent se trouver partout	– Toujours rechercher en premier lieu dans les décombres périphériques avant de les déblayer (pour libérer les routes) – Généralement, les personnes blessées sont recouvertes de poussière de décombres et très difficilement reconnaissables

Sécuriser l'axe d'intervention

Lors de la pénétration dans les décombres, les risques liés à tous les dangers identifiables le long de l'axe d'intervention doivent être réduits à un niveau acceptable et justifiable par des mesures de sécurisation ou de protection appropriées.

Le plus grand risque provient des décombres ou des éléments de construction instables qui peuvent s'effondrer, basculer ou glisser sous l'effet des répliques ou des opérations de sauvetage.

Lorsqu'on avance dans les décombres, l'étalement et le contre-ventement sont des mesures de sécurité essentielles et vitales.

Il est impératif que les sauveteurs soient capables de sécuriser d'une manière techniquement correcte des parties du bâtiment ou des éléments de construction le long de l'axe d'intervention.

Le sujet est traité de manière exhaustive dans la partie «Sécurisation des éléments de construction et ouvrages» du manuel. Par soucis d'exhaustivité, les règles de base les plus importantes sont répétées ci-dessous :

- **Procéder de manière défensive**
Toujours travailler de la zone sécurisée à la zone non sécurisée.
- **Étayage rapide** Lors de travaux de sécurisation qui prennent du temps dans la zone de danger, toujours poser un étai rapide comme première mesure de sécurité (par exemple un étai de coffrage).

- **Limiter le temps passé dans la zone de danger** Préparer les systèmes de sécurisation autant que possible dans une zone sûre. Le moins de personnes possible dans la zone de danger.
- **Fiabilité en cas de répliques** Dans la mesure du possible, utiliser comme étais contre le renversement des charpentes tridimensionnelles stables et à sécurité intégrée. Idéalement, appliquer le principe du cube, rapport hauteur/largeur = 1:1.
- **Chemin de force** Toujours étayer directement sur les couches porteuses, et non pas sur les couches molles. Relier les éléments de construction entre eux par un système de verrouillage. A la fin, chaque étayage doit être sous contrainte.
- **Zone de sécurité** Si, en cas de réplique, il n'est pas possible pour les sauveteurs de sortir assez rapidement, une zone étayée stable dans les décombres peut être un endroit sûr où ils peuvent rester jusqu'à ce que la réplique soit passée.
- **Contrôle** L'état des étais doit être vérifié régulièrement, surtout après des changements (répliques).

Créer des percées

Lorsqu'on se rend dans des endroits où des personnes sont prises au piège, il est souvent indispensable de créer des ouvertures de sauvetage à travers des plafonds ou des parois solides. L'ouverture des plafonds et des parois en bois ou en maçonnerie est en principe relativement facile. Ouvrir du béton armé, en revanche, demande beaucoup de temps et d'efforts techniques.

Le béton armé est l'un des matériaux de construction les plus importants et les plus utilisés en Suisse. C'est pourquoi l'ouverture du béton armé est traitée tout particulièrement ci-dessous. Toutefois, de nombreuses explications s'appliquent également à l'ouverture d'autres matériaux de construction.

Structure et propriétés du béton armé

Le béton armé est un matériau composite fait de béton (composé d'un mélange de sable et de gravier bien calibré et de ciment, coulé comme liant) et d'un noyau en acier de fers d'armature.

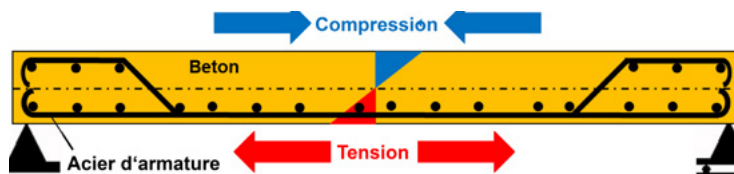


Fig. 55 : Coupe transversale à travers une dalle en béton armé (très simplifiée)

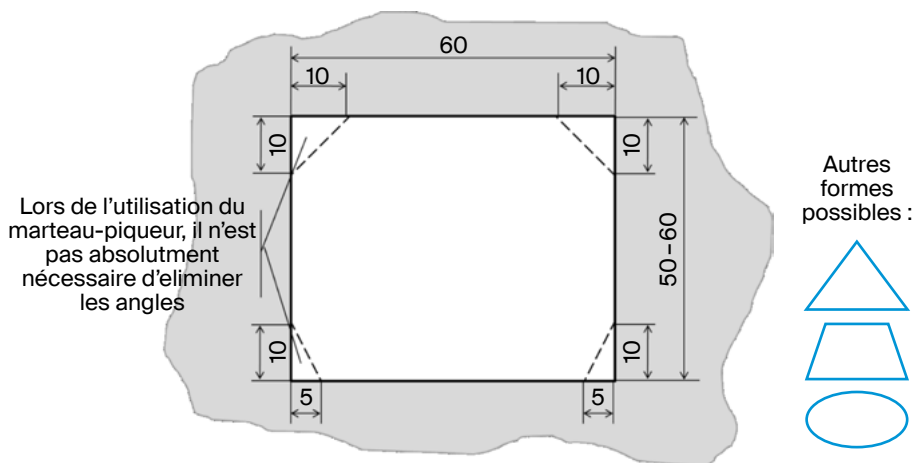


Fig. 56 : Dimension et forme d'une perforation (masse en cm)

Le béton a une résistance à la compression très élevée mais une faible résistance à la traction. Dans le béton armé, le béton reprend donc les contraintes de compression agissant dans l'élément de construction tandis que les barres d'armature reprennent les contraintes de traction. Dans une dalle de béton, les fers d'armature sont donc principalement disposés dans le bas. Pour absorber les contraintes de cisaillement agissant sur le béton, il y a un renforcement supérieur, surtout dans les zones de bordure.

Béton précontraint : Pour des raisons de technique de construction (par exemple, grandes envergures, dalles fortement chargées), les fers d'armature sont partiellement précontraints. Des barres de précontrainte spéciales ou des fils de précontrainte en armature de précontrainte à haute résistance sont utilisés à cette fin. Ces éléments de précontrainte ne doivent pas être coupés lors de la perforation. Sinon,

le plafond peut soudainement s'effondrer sans avertissement.

Règles techniques de base pour l'ouverture du béton armé

Ingénieur civil

Si possible, faites toujours effectuer une évaluation par un spécialiste compétent avant de percer des plafonds ou des parois en béton.

Forage d'exploration, protection de la personne emprisonnée

Il faut toujours commencer par faire un trou d'exploration avec soin, afin de pouvoir déterminer et évaluer au moyen d'une caméra télescopique la position exacte de la personne emprisonnée, l'épaisseur de l'élément de construction, dans le cas de plafonds, le parcours de poutres en béton ou en acier, les supports connectés, etc... Si possible, ne jamais percer directement au-dessus, au-dessous ou à côté d'une personne emprisonnée.

Toujours protéger la personne par des mesures appropriées pendant la perforation.

Dimensions, forme et position d'une perforation

Afin de ne pas affaiblir inutilement l'élément de construction et de réduire au maximum l'effort, l'ouverture doit être aussi petite que possible. Les sauveteurs, l'équipement et la civière de sauvetage utilisés pour le patient doivent passer par l'ouverture. Dans le cas d'une forme rectangulaire, l'expérience a montré que les dimensions doivent être d'au moins 50 x 50 cm. Selon la situation et les outils de démolition utilisés, d'autres formes telles que les triangles, les trapèzes ou les ellipses conviennent également.

Dans un immeuble d'habitation normal, l'épaisseur d'un plafond en béton est d'au moins 20 à 25 cm.

Lors de la perforation de plafonds, ne pas percer les poutres princi-

pales (effort énorme, affaiblissement des éléments porteurs) ou directement à côté des colonnes de béton (armature renforcée).

S'agissant de parois, ne pas perferer au niveau du sol, mais à une hauteur de 50 à 70 cm. Une personne emprisonnée derrière une paroi sera généralement au sol. Si nous perforons à ras le sol, il y a un risque accru de blessure. De plus, il y a souvent des tuyaux posés et des armatures qui se chevauchent près du sol.

Créer des passages avec les outils de démolition

Les outils de démolition et de forage légers à moyens conviennent pour créer des ouvertures de sauvetage dans les décombres. Les gros marteaux piqueurs requièrent beaucoup d'espace et provoquent de fortes vibrations/secousses. Cela peut perturber la structure des décombres et mettre en danger la sécurité des sauveteurs et des personnes emprisonnées.

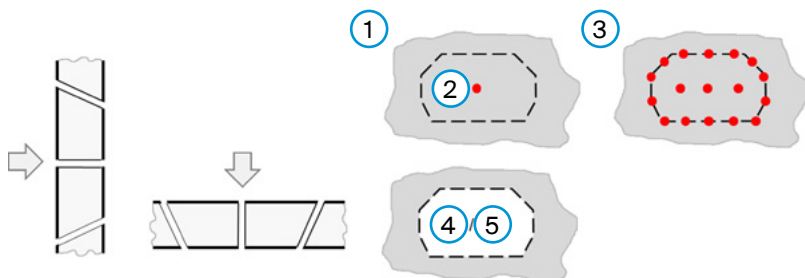


Fig. 57 : Perforer avec des outils de forage et de démolition



Fig. 58 : Exemples de scie circulaire, tronçonneuse à béton, carotteuse (Hycon, ICS, Atlas Copco)

Procédé pour perforer une paroi ou un plafond :

1. Marquer l'ouverture.
2. Percer soigneusement au milieu un trou de sonde et utiliser une caméra télescopique pour évaluer la situation de l'autre côté.
3. Affaiblir la percée tout autour et au milieu au moyen des trous (perforer évent. avec un angle léger).
4. Éliminer les trous avec le marteau piqueur. Retirer au fur et à mesure les matériaux démolis.
5. Couper le fer d'armature avec un dispositif de découpe d'acier de construction, une meuleuse d'angle ou un coupe-boulons. Frapper avec un marteau sur les fers pointus qui dépassent.

Perforations à l'aide d'outils diamantés

Les outils diamantés ont le grand avantage de ne pas provoquer de vibrations ou de secousses. Ils sont donc particulièrement adaptés aux perforations dans les couches de décombres instables. Toutefois, ils présentent l'inconvénient de nécessiter un supplément d'eau pour la lubrification et le refroidissement des outils.

Les scies circulaires, les tronçonneuses à béton et les carotteuses sont particulièrement adaptées. Grâce à leur profondeur de coupe, elles sont capables de découper entièrement une dalle de béton standard.

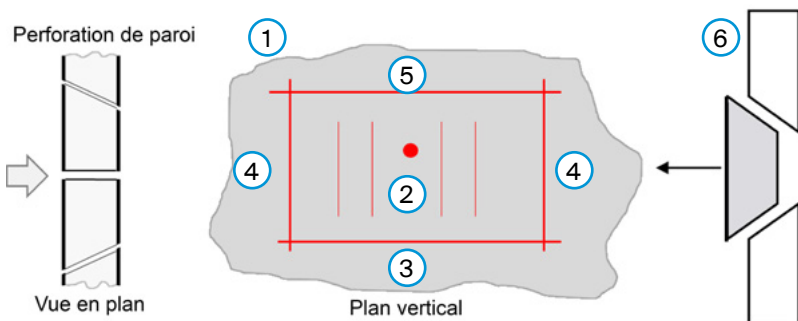


Fig. 59 : Pénétration de la paroi avec des outils diamantés

Tactique / technique d'intervention

Cela n'est généralement pas possible avec une tronçonneuse ordinaire, même avec une grande lame, en raison de la profondeur de coupe limitée.

Procédé pour perforer une paroi :

1. Marquer l'ouverture.
2. Percer soigneusement au milieu un trou de sonde et utiliser une caméra télescopique pour évaluer la situation de l'autre côté.
3. Effectuer d'abord la coupe la plus basse (pour que l'outil ne soit pas coincé).
4. Effectuer ensuite les deux coupes verticales, si possible légèrement coniques (pour que la pièce de béton ne tombe pas vers l'extérieur et ne coince pas au moment où elle est retirée).
5. Enfin, effectuer la coupe supérieure horizontalement.
6. Enlever le morceau de béton découpé.

Procédé pour perforer un plafond :

1. Marquer l'ouverture.
2. Percer soigneusement au milieu un trou de sonde et utiliser une caméra télescopique pour évaluer la situation de l'autre côté.
3. Effectuer d'abord deux coupes opposées, si possible légèrement coniques (afin que la pièce de béton ne puisse pas tomber ou ne coince pas au moment où elle est retirée).
4. Pour éviter qu'il ne s'enfoncé, sécuriser le bloc de béton avec du bois équarri et des ancrages pour béton ou avec un trépied de charge (les trépieds pour personnes sont trop faibles pour cela, surtout si le bloc de béton est coincé). Si les travaux sont effectués du bas vers le haut, la pièce de béton doit être sécurisée à l'aide de supports abaissables et abaissée avec précaution (le poids du bloc de béton est d'environ 100 à 250 kg).
5. Effectuer ensuite les deux autres coupes verticalement.
6. Enlever le morceau de béton découpé.

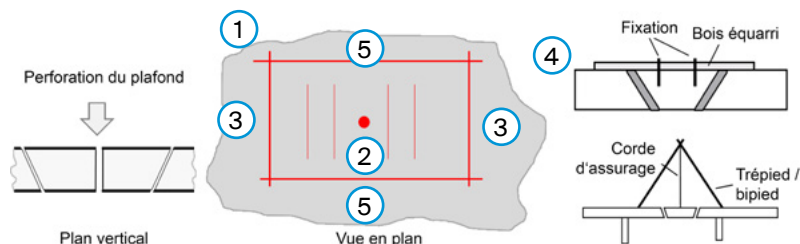


Fig. 60 : Perforation de plafond avec des outils diamantés

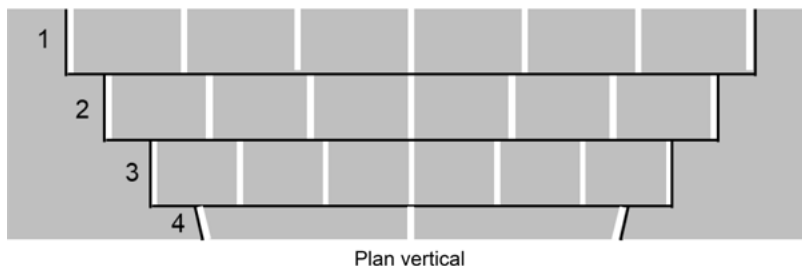


Fig. 61 : Technique de découpe par étapes

Si l'outil diamanté ne permet pas de couper l'élément de construction sur toute l'épaisseur en une seule fois, il est possible d'appliquer la solution suivante :

- Effectuer la coupe le long du marquage aussi profondément que possible. Cela permet de couper au moins le renfort supérieur.
- Si nécessaire, effectuer quelques coupes supplémentaires pour affaiblir la pièce de béton au milieu.
- Ciseler le béton avec un marteau piqueur.
- Découper les fers d'armature restants.
- Si l'élément est très épais, la **technique de découpe par étapes** peut être utilisée pour perforer un plafond ou une paroi étape par étape en utilisant la même méthode de base. La largeur des différentes étapes doit être choisie de telle sorte que l'outil diamanté dispose d'un espace suffisant sur les côtés et que l'ouverture ait finalement les dimensions requises. Cette technique est longue à mettre en œuvre, car il faut commencer avec une grande surface de base.

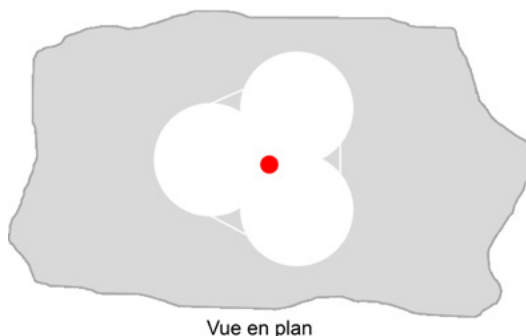


Fig. 62 : Création d'un simple «trou d'homme» avec l'appareil de carottage

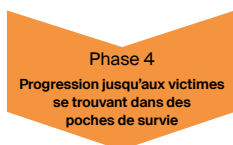
Ouverture avec une carotteuse

Avec la carotteuse, on peut créer une ouverture au moyen d'un gros trépan (diamètre 25 cm) à trois ou quatre trous et un marteau piqueur léger (pour ciseler les angles saillants du béton). Si une seule personne doit passer par l'ouverture, un simple «trou d'homme» peut être créé avec seulement trois perforations. Cette technique est particulièrement adaptée aux espaces confinés.

«Technique propre» (Clean Cut)

Si une personne est coincée et bloquée directement en dessous, derrière ou à côté d'une ouverture et que l'ouverture ne peut pas être déplacée latéralement, celle-ci doit être créée à l'aide d'une **technique propre**. Aucun débris, outil dangereux, matériau fin, eau, etc. ne doit atteindre la personne. Sinon, la personne risque d'être blessée ou étouffée.

- Percer toujours le trou d'exploration très prudemment, ne pas percer en forçant, enlever continuellement la poussière de forage par aspiration. Mesurer l'épaisseur de l'élément de construction et refermer le trou de forage.
- Créer l'ouverture avec prudence jusqu'à une couche résiduelle restante. Ne pas utiliser de matériel de perforation et de démolition lourd, éviter les vibrations.
- A la fin, n'enlever la couche restante que très prudemment, en utilisant uniquement des outils légers (éventuellement seulement à la main, avec un marteau à main et un burin).
- Enlever les matériaux démolis en continu (les parties grossières à la main, les matériaux fins avec un aspirateur de chantier).



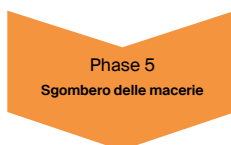
Phase 4
Progression jusqu'aux victimes
se trouvant dans des
poches de survie

Phase 4 : Pénétration vers des lieux de présence potentiels

La phase 3 est terminée. Cependant, des personnes sont toujours portées disparues ou supposées se trouver dans les décombres et une nouvelle localisation n'apporte pas de nouveaux résultats.

Dans ce cas, tous les lieux et cavités où la survie est encore envisageable sont ouverts de manière ciblée. En outre, il est possible de créer des ouvertures de sondage ou d'odeur et de procéder à une localisation ultérieure à petite échelle.

Si des personnes sont découvertes dans les décombres, le sauvetage technique est effectué de la même manière que dans la phase 3.



Phase 5
Sgombero delle macerie

Phase 5 : Déblaiement

Avant le début de la cinquième phase, il convient de mettre un terme à la recherche dans tous les endroits qui auraient permis la survie. Des personnes manquent toujours, mais toutes les techniques d'intervention restent sans succès. Dans cette situation, on ne peut s'attendre dans la plupart des cas qu'à retrouver des morts.

Les décombres sont enlevés couche par couche, généralement à l'aide d'engins de chantier lourds (par exemple, un camion-grue). Les sauveteurs doivent être capables de fixer correctement des éléments de construction lourds pour les soulever au moyen de la machine de chantier.

Des chiens supplémentaires de recherche de cadavres peuvent éventuellement être utilisés pour la localisation. La recherche de personnes décédées est très stressante et éthiquement sensible pour les sauveteurs. Les proches des victimes souhaitent que les cadavres soient également dégagés des décombres dans un état aussi intact que possible.

Cependant, il faut toujours partir du principe qu'il y a encore des personnes vivantes dans les décombres. Si des survivants sont découverts, le sauvetage technique est effectué de la même manière que dans la phase 3.

En principe, l'intervention d'une équipe USAR medium **se termine** par la phase 5.

La phase 5 est terminée lorsque tous les survivants et les morts sont sauvés ou récupérés. Il ne s'agit pas de nettoyer les décombres de l'objectif d'intervention dans le sens d'une remise en état ou d'une reconstruction.

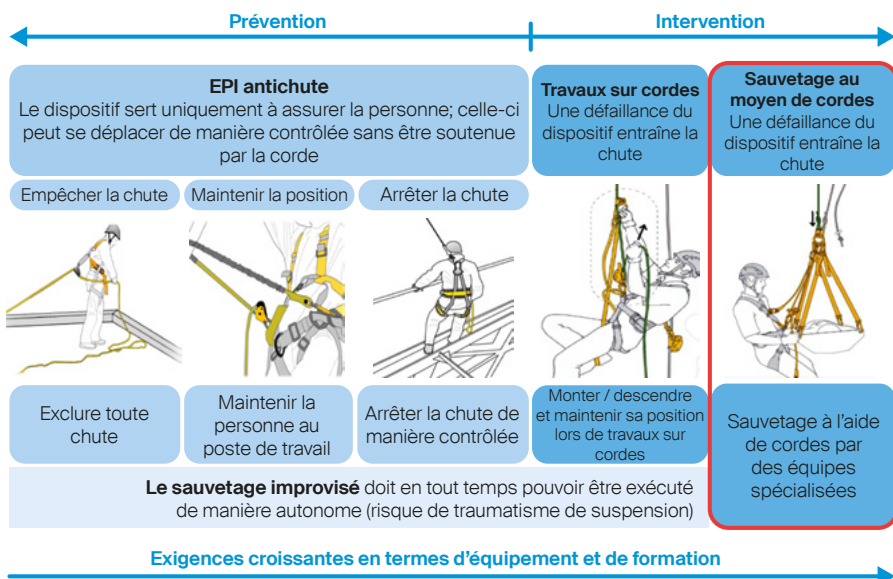


Fig. 63 : Protection systématique contre les chutes – sauvetage assisté par corde

Sauvetage assisté par corde

Classification et délimitation

Les techniques de sauvetage assisté par corde, également connues sous le nom de sauvetage organisé ou technique, permettent aux sauveteurs d'accéder aux personnes emprisonnées et de les secourir même dans des décombres extrêmement inaccessibles. Cela implique généralement des sauvetages en profondeur. La base du sauvetage assisté par corde est la protection contre les chutes. Avant de pouvoir commencer la formation et d'appliquer le sauvetage par corde, les sauveteurs doivent maîtriser les techniques de protection contre les chutes. L'exécution de sauvetages assistés par corde est associée à des dangers particuliers et très exigeante pour les sauveteurs. Une défaillance du système entraîne inévitablement une chute.

Les sauvetages assistés par corde ne peuvent être effectués que par des spécialistes du sauvetage qui ont suivi une formation spécifique et un perfectionnement régulier ! La maîtrise de la protection contre les chutes est une exigence de base.

Selon les Lignes directrices INSA-RAG, une équipe USAR medium doit être capable d'effectuer des sauvetages simples à l'aide de cordes. Cependant, l'expérience des opérations de sauvetage lors de tremblements de terre montre que ces techniques de sauvetage sont très rarement nécessaires, contrairement à toutes les autres techniques de sauvetage moins «spectaculaires». Si le temps disponible pour la formation d'une équipe USAR est limité, il peut être judicieux de renoncer délibérément à la capacité de sauvetage assisté par corde au profit des autres techniques d'intervention. S'il s'avère nécessaire d'utiliser cette technique sur un objectif en cas d'urgence, cette tâche peut également être assumée par un partenaire professionnel (par exemple, les sauveteurs en hauteur des sapeurs-pompiers).

Les règles et techniques énumérées ci-dessous sont destinées à une organisation de milice. Elles se veulent simples, claires et sûres. Selon le niveau de formation et d'équipement, d'autres techniques de sauvetage plus complexes sont également possibles.

Règles générales de sécurité et de fonctionnement

Personnel

- N'avoir recours qu'à des personnes ayant reçu une formation certifiée.
- Il n'est pas autorisé d'avoir recours à des personnes présentant des contre-indications médicales, psychiques ou physiques.
- Pas de cheveux longs, de barbe, de vêtements amples (foulard), etc.
- Porter l'équipement de protection personnel requis.
- Connaître, respecter et faire respecter les limites de l'intervention. Votre propre sécurité est la première priorité !
- Dans les situations difficiles, faites appel à des spécialistes (guides de montagne, sauveteurs en hauteur, sapeurs-pompiers professionnels, Secours alpin suisse, spécialistes de montagne de l'armée).

Formation

- La formation dans le domaine du sauvetage assisté par corde ne peut être dispensée que par du personnel d'instruction compétent et expérimenté.
- Un concept de sécurité et d'urgence doit également être élaboré pour le lieu de la formation.

- En cas d'urgence, il doit toujours être possible de descendre à la corde la personne sécurisée dans une zone sûre accessible au service de secours.
- Il est recommandé de limiter la hauteur maximale de l'infrastructure de formation à 12 m.

Équipement

- Ne garder à disposition que les équipements testés et homologués pour les systèmes de sauvetage définis.
- Les instructions d'utilisation et de sécurité du fabricant s'appliquent !
- Ne pas utiliser d'équipement agréé uniquement pour les personnes afin de transporter du matériel et ne pas non plus le charger avec plus de 250 kg ($\approx$ 2 personnes).

Prescriptions de sécurité

«Directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile» (voir page 22 « Prescriptions de sécurité »).

Protection contre les chutes

Toutes les personnes se trouvant dans la zone de chute doivent toujours être protégées contre les chutes.

Processus d'intervention

1. Planifier

Identifier et évaluer la situation (voir et comprendre).

- hauteur à franchir
- conditions spatiales
- points d'ancrage possibles
- conformité des moyens
- dangers et risques particuliers

Prendre une décision (solution).

- Technique
- Organisation (fonctions, processus)
- Communication
- Dire NON si les risques sont trop importants ou si vos compétences techniques sont insuffisantes !

2. Organiser l'équipe

Désigner le chef de la sécurité

Attribuer des fonctions et donner des missions

- Taille de l'équipe : 5 – 6 MPCi = travail en groupe
- 1 chef (C gr)
- 2 sauveteurs pour la descente en rappel / remontée
- 1 sauveteur à la corde de travail
- 1 sauveteur à la corde d'assurage
- 1 sauveteur en soutien / réserve

3. Mettre en place et faire fonctionner le système

- Mettre en place un dispositif de protection contre les chutes
Pour toutes les personnes se trouvant dans la zone de chute
- Mettre en place un système de sauvetage assisté par corde ancrages, trépied/bipied, corde(s) de travail, corde de sécurité.
- Préparer les sauveteurs à la descente en rappel / remontée.
- Préparer la personne secourue à la descente en rappel / remontée (triangle de sauvetage, civière de sauvetage).
- Contrôle de sécurité de l'ensemble du système.
- Descente en rappel / remontée des sauveteurs et de la personne secourue.
- Observation et contrôle permanents du système !

Descente en rappel / remontée de personnes

La personne doit toujours être attachée de manière redondante à deux cordes ancrées séparément (corde de travail et corde de sécurité). Chaque ancrage doit avoir une charge de rupture minimale de 22 kN.

La **corde de travail** est utilisée pour faire monter ou descendre les personnes. A cet effet, il convient d'utiliser des cordes appropriées et des treuils ou poulies autobloquants. Le système doit être conçu de manière à pouvoir alterner à tout moment de l'ascension à la descente (et inversement), même sous charge.

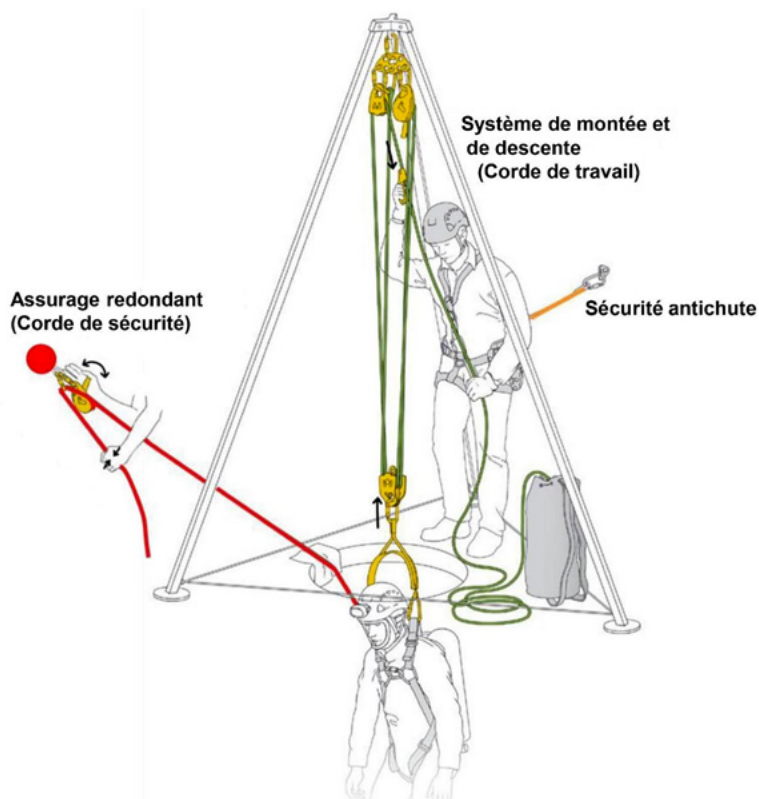


Fig.64 : Remonter / descendre une personne à l'exemple d'un sauvetage sur trépied depuis les profondeurs

La personne est descendue ou remontée de manière **passive** par l'équipe depuis un endroit sûr. Elle ne descend donc pas d'elle-même en rappel ou ne remonte pas activement en suspension à la corde. Ces techniques sont trop complexes pour une organisation de milice et n'apportent aucun avantage réel. Au contraire, elles comportent de nombreuses possibilités d'erreur. En outre, la méthode passive permet aux sauveteurs de disposer en tout temps d'un accès direct à la personne suspendue à la corde en cas d'urgence.

La **corde de sécurité** redondante est attachée séparément et mise en place et utilisée conformément aux règles techniques de protection contre les chutes. Assurance avec des demi-nœuds de cabestan ou un dispositif d'assurance agréé (analogue à un antichute). Utiliser une corde dynamique ou, dans le cas d'un acheminement par corde tendue, une corde semi-statique.

Séparer les cordes de travail et de sécurité par une couleur et, si possible, ne pas les mener sur la personne parallèlement l'une à côté de l'autre, mais à une **distance suffisante**, de préférence en V. Sinon, les cordes peuvent se tordre les unes dans les autres et bloquer le système. Ce danger existe surtout avec les câbles des treuils pour personnes (torsion du câble).

Une seule personne (sauveteur ou personne secourue) doit monter ou descendre à la fois. En cas de blessures graves, il peut s'avérer nécessaire que la personne secourue soit accompagnée par le sauveteur. Cependant, cette technique est complexe, sujette à erreur et n'est pas recommandée pour une organisation de milice. Dans les décombres, la protection civile n'a généralement à surmonter que de petites différences de hauteur de 5 à 10 mètres. Le franchissement de grandes hauteurs (20 à 100 m) nécessite des sauveteurs spécialement formés.

Afin de pouvoir «diriger» une civière de sauvetage de l'extérieur, une corde de guidage supplémentaire peut être attachée et utilisée à partir d'un endroit sûr.

Moyens de connexion

Pour tous les mousquetons centraux, utiliser si possible des mousquetons en acier.

Les multiplicateurs d'amarrage sont faits d'une seule pièce et sont considérées comme indestructibles. Il n'est pas nécessaire de les utiliser de manière redondante.

Sauvetage assisté par corde avec trépied ou bipied

Généralités

Les trépieds et les bipieds sont utilisés dans les opérations de sauvetage dans les décombres non seulement pour sauver des personnes, mais surtout pour soulever et déplacer des éléments de décombres ou des éléments de plafond découpés. Les trépieds ou bipieds destinés uniquement au transport de personnes sont trop faibles pour soulever des charges lourdes et ne sont pas agréés à cette fin par la plupart des fabricants. Des systèmes de soutien et de sauvetage spécialement développés sont particulièrement adaptés à une utilisation dans les décombres. Ils sont certes plus lourds et plus coûteux mais ils sont très résistants et multifonctionnels.

Dans ce qui suit, l'accent est mis sur les sauvetages à l'aide d'un trépied. Les sauvetages assistés par corde à l'aide d'un bipied sont complexes et ne doivent être effectués que par des sauveteurs très bien formés et expérimentés ou de préférence en collaboration avec des spécialistes du sauvetage en hauteur.

Les principes techniques généraux pour l'utilisation des trépieds et des bipieds se trouvent dans la section «Levage, déplacement et assurage des charges» du manuel.

Règles générales pour le trépied

Installer le trépied symétriquement et uniquement à la hauteur nécessaire (par exemple pour pouvoir soulever et faire pivoter le brancard en position debout).

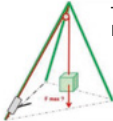
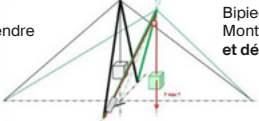
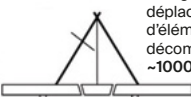
But	« Système de grue » simple pour le sauvetage dans les décombres	
Systèmes de base	 Trépied: Monter / descendre	 Bipied: Monter / descendre et déplacer
Utilisation	 Levage et déplacement d'éléments de décombres ~1000 kg	 Monter / descendre à la corde Sauveteur / personnes sauvées
Exigences	- portable - multifonctionnel - pour le matériel et les personnes - très résistant, très sûr - approprié pour les interventions dans les décombres - compatible avec la milice	

Fig. 65 : Aperçu de l'utilisation des trépieds ou des bipieds pour les sauvetages dans les décombres

Toute perte de hauteur due au dispositif d'abaissement et d'élévation doit être prise en compte.

Dans la mesure du possible, ancrer le trépied. Faire attention aux forces agissantes, en particulier lorsque vous pivotez latéralement des personnes ou le brancard pour galeries. Attention aux supports qui ne sont pas résistants à la tension !

En règle générale, ne pas attacher la corde de sécurité au trépied, mais à un point d'ancrage indépendant. Si le trépied repose sur un sol sûr et absolument stable et qu'il est solidement ancré, la corde de sécurité peut exceptionnellement être attachée directement au trépied.

Généralités

- Direction assurée par des experts
- Une personne comme chef de la sécurité
- Cordes suffisamment longues
- Air respirable e.o.
- Communication garantie
- Contrôle de sécurité avant le début de l'opération

Trépied

- Respecter l'angle d'inclinaison
- Assurer les pieds
- Tenir compte de la direction de la force
- Eventuellement haubaner le trépied

Contre-assurance (sécurité redondante)

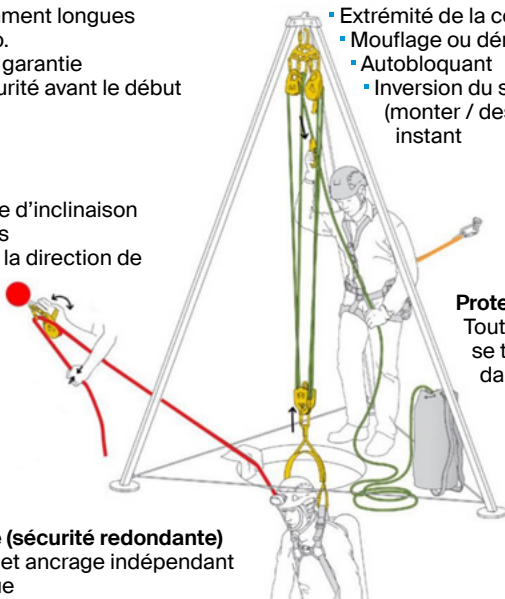
- Sécurité directe et ancrage indépendant
- Corde dynamique
- Ne pas arrimer sur le trépied
- Toujours maintenir la corde tendue
- Protection d'angle / frottement
- Extrémité de la corde assurée

Système de montée et de descente (corde de travail)

- Corde semi-statique ou câble d'acier
- Extrémité de la corde assurée
- Mouflage ou démultiplication approprié
- Autobloquant
- Inversion du système de traction (monter / descendre) possible à tout instant

Protection antichute

Toutes les personnes se trouvant dans la zone de danger sont sécurisées



Monter / descendre

- Casque aux normes avec jugulaire
- Harnais d'antichute / « Triangle de sauvetage »
- Brancard de sauvetage approprié
- En principe, une seule personne à la fois

Fig. 66 : Règles générales pour le sauvetage assisté par corde à l'aide d'un trépied

Règles générales pour le bipied

Les sauvetages assistés par corde à l'aide d'un bipied sont complexes. Ils ne peuvent être effectués que par des sauveteurs très bien formés à cet effet et expérimentés ou par des spécialistes du sauvetage en hauteur !

Les instructions du fabricant s'appliquent.

Dans le cas du sauvetage assisté par corde, le hauban doit toujours être sécurisé de manière **redondante** par une seconde corde statique (et non pas dynamique ou semi-statique !).

En outre, pour les sauvetages assistés par corde, on applique en principe les mêmes règles que pour le trépied.

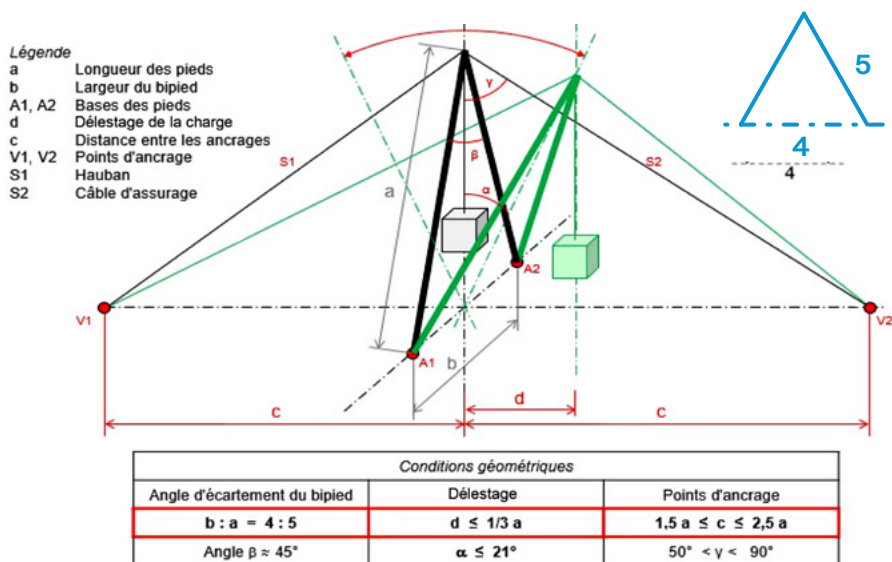


Fig. 67 : Règles géométriques générales lors de l'utilisation d'un bipied

Assurance d'une personne non blessée

Le moyen le plus sûr pour faire monter ou descendre une personne indemne est d'utiliser un harnais combiné antichute et de retenue. La corde de travail est alors attachée à l'anneau ventral (EN 358) et la corde de sécurité à l'anneau sternal (EN 361). Si un seul point d'attache sur la poitrine et un seul anneau dorsal sont disponibles, les cordes peuvent également y être attachées (la corde de travail étant toujours attachée à l'anneau sternal). Attention, il convient de suivre les instructions du fabricant. Dans certains cas, il est interdit de descendre en rappel au niveau de l'anneau sternal!

En guise d'alternative simple, les personnes non blessées peuvent également être attachées en haut/en bas à l'aide d'un «triangle de sauvetage». Les instructions du fabricant s'appliquent. Pendant la formation, il est recommandé d'assurer en plus la personne de manière redondante avec un harnais de sécurité.

Assurance de la personne secourue au brancard

Le brancard pour galeries de la protection civile est l'un des brancards les plus adaptés aux sauvetages dans les décombres, même selon l'état actuel de la technique. Il est extrêmement robuste, mince, ne présente pas de coins, peut être plié avec la personne secourue dans des changements de direction serrés et dispose d'une protection pour le visage et la tête. Les techniques d'accrochage énumérées ci-dessous peuvent être utilisées par analogie pour d'autres types de brancard. Les instructions du fabricant s'appliquent.

Les instructions du fabricant s'appliquent

Brancard pour galeries à l'horizontale :

- S'il y a assez de place, c'est le moyen de transport qui ménage le plus la personne secourue.
- Adapter le brancard à la personne secourue, monter correctement tous les goujons et les fixer avec des goupilles de sécurité.
- Mettre en place une protection pour la tête et le visage.
- Attacher la personne secourue à la corde de sécurité avec un harnais de sécurité (obligatoire durant la formation) ou avec un triangle de sauvetage (à attacher directement) et le fixer solidement au brancard.

Tactique / technique d'intervention

Alternative : connecter le patient au multiplicateur d'amarrage non pas au moyen de la corde de sécurité mais avec un autre moyen de connexion (par exemple avec une sangle).

- Pas de sangles ou de cordes dans la région du cou (danger de strangulation).
- Accrocher quatre sangles (suffisamment longues – respecter le rapport d'angle, c'est-à-dire 60° max.) avec des mousquetons de sécurité aux 4 trous, doigt du mousqueton orienté vers l'intérieur.

- S'il faut s'attendre à la présence de bords tranchants, utiliser des élingues résistantes aux coupures ou doubler les sangles.
- En cas d'utilisation d'élingues de différentes longueurs ou d'élingues réglables, le brancard peut être légèrement incliné si nécessaire.
- Attacher la corde de sécurité au multiplicateur d'amarrage au moyen d'un nœud de huit (décharge de traction pour le patient).
- Attacher la corde de travail au multiplicateur d'amarrage au moyen d'un mousqueton en acier.

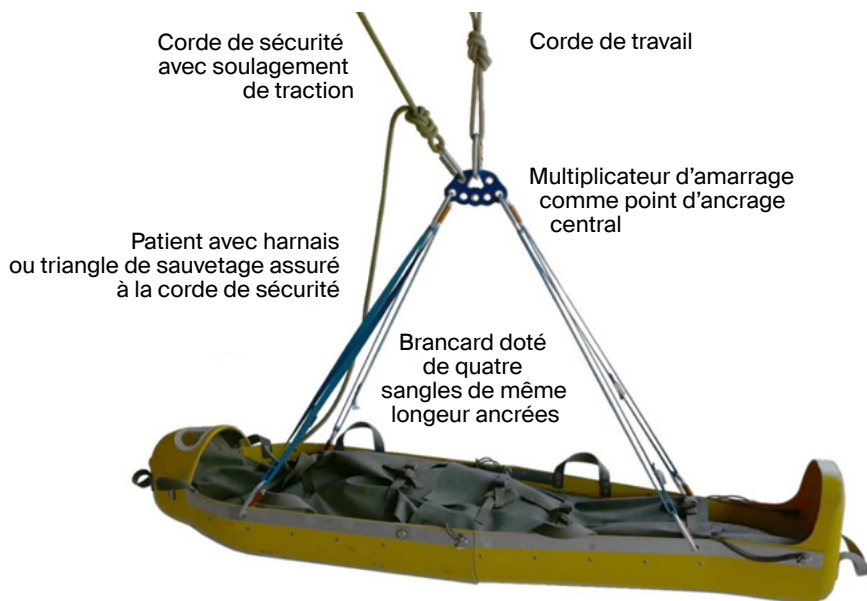


Fig. 68 : Fixation du brancard pour galeries à l'horizontale

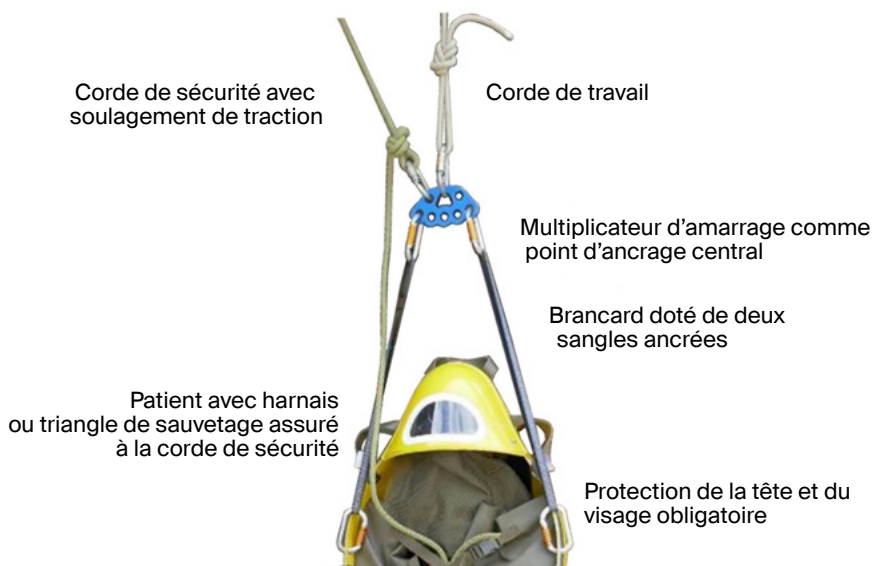


Fig. 69 : Fixation du brancard pour galeries à la verticale

Brancard pour galeries à la verticale :

- Dans les espaces restreints, le transport vertical du brancard est souvent la seule possibilité.
- L'œillet central du brancard pour galeries ne doit pas être utilisé pour le transport en suspension libre.
- Adapter le brancard à la personne secourue, monter correctement tous les goujons et les fixer au moyen des goupilles de sécurité.
- Mettre en place une protection pour la tête et le visage.
- Attacher la personne secourue à la corde de sécurité au moyen d'un harnais d'antichute (obligatoire en exercice) ou avec un triangle de sauvetage (à attacher directement dans le brancard. Alternative : relier la personne secourue au multiplicateur d'amarrage non pas au moyen de la corde

de sécurité, mais avec une autre longe (par exemple avec une sangle).

- Pas de sangles ni de cordes dans la région du cou (danger de strangulation).
- Accrocher deux sangles d'amarrage dans les trous de la partie supérieure au moyen des mousquetons (ouverture des mousquetons vers l'intérieur) et les relier au multiplicateur d'amarrage.
- S'il faut s'attendre à la présence de bords tranchants, utiliser des élingues résistantes aux coupures ou doubler les sangles.
- Attacher la corde de sécurité au multiplicateur d'amarrage au moyen d'un nœud de huit (décharge de traction pour le patient).
- Attacher la corde de travail au multiplicateur d'amarrage au moyen d'un mousqueton en acier.

Tactique / technique d'intervention

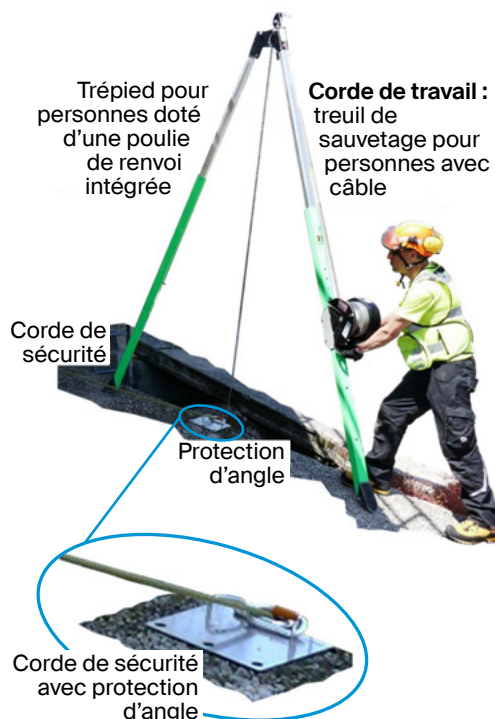


Fig. 70 : Sauvetage au moyen d'un trépied pour personne et d'un treuil de sauvetage pour personne (illustration sans sécurité antichute)

Exemple d'un sauvetage sur trépied au moyen d'un treuil pour personne

Sauvetage au moyen d'un trépied pour personne et d'un treuil de sauvetage pour personne correspondant.

Les prescriptions du fabricant s'appliquent.

Simple et adapté à la milice, le treuil ne peut toutefois être utilisé qu'avec le trépied correspondant. Il n'est pas multifonctionnel.

Même sans charge, la corde doit toujours être tirée vers le haut ou vers le bas par une manivelle.

Exemple d'un sauvetage par trépied au moyen d'un palan universel

Ce système repose sur un équipement simple, standardisé et universel.

Les prescriptions du fabricant s'appliquent.

Mise en place du palan (corde de travail) à l'aide d'une corde semi-statique, de multiplicateurs d'amarrage, de poulies, d'un bloqueur et d'un dispositif de freinage et d'assurage autobloquant agréé (par exemple ID).

- Descente en rappel : avec un rapport de réduction de 1:2, freinage avec l'ID.
- Remontée avec un rapport de réduction de 1:6, l'ID sert de renvois et de bloqueur.
- Poulies utilisées comme renvois.
- Bloqueurs comme point fixe déplaçable sur la corde de travail et comme aide à la traction.
- Multiplicateurs d'amarrage pour fixer le système de poulie.

Le palan peut également être utilisé de manière universelle sans trépied.

Nécessite plus de temps de formation que dans les autres exemples.

Corde de travail :

- Corde semi-statique comme palan 1:2 fixée sur le multiplicateur d'amarrages
- Fixé au pied de soutien au moyen du dispositif d'assurage ID

Corde de sécurité avec soulagement de traction



Freinage au moyen du dispositif d'assurage ID



Trépied pour charge lourde avec certification pour personnes

Fig. 71 : Descente en rappel d'un brancard à l'aide d'un trépied robuste et d'un palan universel (Illustration sans sécurité antichute)

Il est indispensable d'utiliser un trépied adapté. Selon le trépied, la fixation du palan à un pied d'appui est impossible ou seulement envisageable de manière «improvisée», car il n'existe pas de points d'ancrage certifiés.

L'équipement peut être utilisé universellement pour de nombreuses tâches de sauvetage et de sécurité dans des conditions différentes.

Corde de travail :

- Adaptée pour hisser au moyen d'un palan 1:3
- Démultiplicateur total = 1:6



Dispositif d'assurage en tant que « poulie de renvoi » et bloqueur anti-retour



Bloqueur mobile comme poignée

Fig. 72 : Levage d'un brancard au moyen d'un trépied robuste et d'un palan universel (Illustration sans protection antichute)

Tactique / technique d'intervention

Exemple d'un sauvetage par trépied au moyen d'une poulie certifiée

Sauvetage au moyen d'un tire-câble homologué pour les personnes (par exemple HIT 06 ou HIT 10 de l'entreprise Habegger).

Méthode simple avec un équipement déjà connu, peu de connaissances supplémentaires requises. Idéal lorsque le temps de formation est court.

Le tire-câble peut être utilisé à la fois pour les personnes et le matériel. Autrement dit, moins de matériel !

Le tire-câble peut également être utilisé pour le sauvetage sans recours à un trépied et est donc multifonctionnel.

Cette méthode est également utilisée par les forces de sauvetage.

Fixer le tire-câble au pied du trépied et guider le câble métallique sur la poulie de renvoi de la tête du trépied. Ne pas installer de palan !

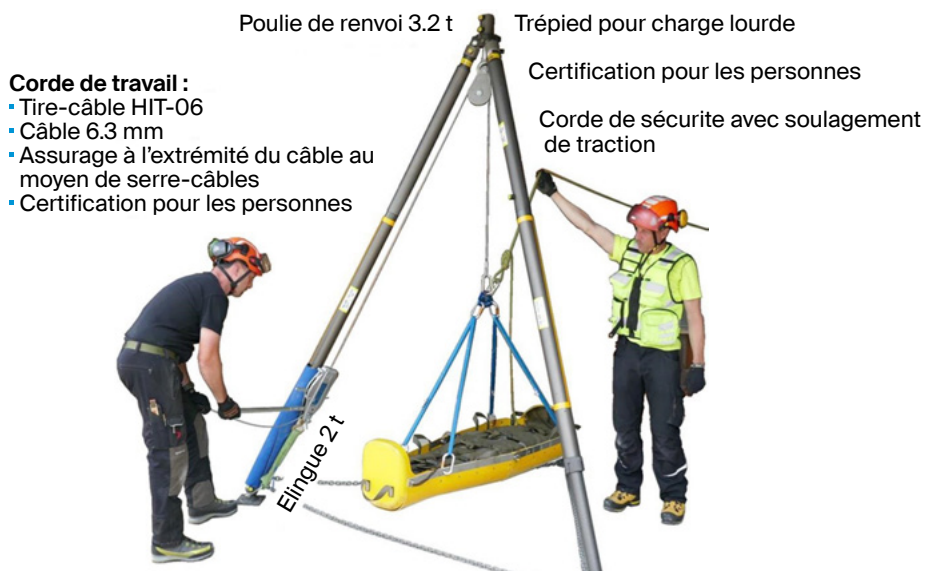


Fig. 73 : Sauvetage au moyen d'un trépied robuste et d'une poulie certifiée (Illustration sans protection antichute)

Tirer le câble dans le tire-câble et fixer **l'extrémité** pointue du câble au moyen de trois serre-câbles pour éviter qu'il ne sorte accidentellement du tire-câble ! Ou mieux : tirer le câble dans le tire-câble avant de l'utiliser et fixer l'extrémité du câble.

Installer la corde de sécurité.

Relier la corde de sécurité et de travail à la personne ou à la civière de sauvetage.

Tout l'équipement de la corde de travail (trépied, longes / éléments de liaison, poulie de renvoi, câble) doit être adapté au tire-câble utilisé, notamment en ce qui concerne la charge de rupture minimale requise. C'est pourquoi seul des composants agréés pour le tire-câble du domaine du levage et un trépied robuste fait d'accessoires de sauvetage multifonctionnels sont utilisés. Une combinaison de matériel provenant du secteur du sauvetage des personnes et d'un tire-câble du domaine du levage peut entraîner la rupture et la défaillance du système si le tire-câble est fortement chargé.

N'utiliser que des tire-câbles légers. Lors de l'utilisation de tire-câbles lourds par exemple HIT 32), le risque de surcharge du système est particulièrement élevé.

Le crochet d'amarrage standard du câble métallique pour le levage de charges n'est pas assuré pour le transport de personnes (doigt de fermeture unique et sans verrouillage). L'idéal est une connexion avec un mousqueton en acier ayant une charge de rupture minimale élevée (correspondant à la charge de rupture minimale de l'équipement du tire-câble, à vérifier auprès du fabricant).

Sauvetage assisté par corde avec une tyrolienne inclinée simple

Les sauvetages assistés par câble avec des tyroliennes sont complexes. Ils ne peuvent être effectués que par des sauveteurs très bien formés et expérimentés à cet effet ou par des spécialistes du sauvetage en hauteur !

Lors des sauvetages assistés par corde à partir d'un bâtiment, il peut arriver dans des cas très particuliers que la personne secourue ne doive pas être descendue en rappel directement à la verticale, mais à un angle sur le côté. Une tyrolienne convient à ces sauvetages. La construction d'une telle installation est très complexe et nécessite beaucoup de temps et de matériel. C'est pourquoi il convient d'examiner d'abord des solutions plus simples.

Il existe différents systèmes de tyrolienne. Voici un exemple de base d'une tyrolienne simple inclinée, qui fonctionne selon le «principe de la gravité».

Exemple de sauvetage avec une tyrolienne inclinée

La tyrolienne inclinée fonctionne selon le principe de la gravité. La personne est freinée par le haut au moyen de la corde de travail le long des deux câbles porteurs.

Une distinction est faite entre les cordes porteuses, la corde de travail et la corde de sécurité. Des cordes semi-statiques sont utilisées à cette fin.

Pour que le principe de la gravité fonctionne, une pente de cordes porteuses d'au moins 30° est nécessaire. En raison de l'affaissement des cordes avec le poids de la charge et de l'allongement de ces dernières, les tyroliennes plus plates ou très longues ont tendance à former un «sac» dans la partie inférieure des cordes, soit une contre-pente par rapport à l'ancrage d'arrivée. La personne est bloquée au point le plus bas et doit être tirée jusqu'à l'ancrage de l'autre côté au moyen d'une corde supplémentaire. Il faut l'éviter ! Dans ce cas, il ne s'agit plus d'une tyrolienne inclinée simple.

À l'exception du multiplicateur d'amarrage, toutes les cordes et les ancrages doivent être systématiquement redondants :

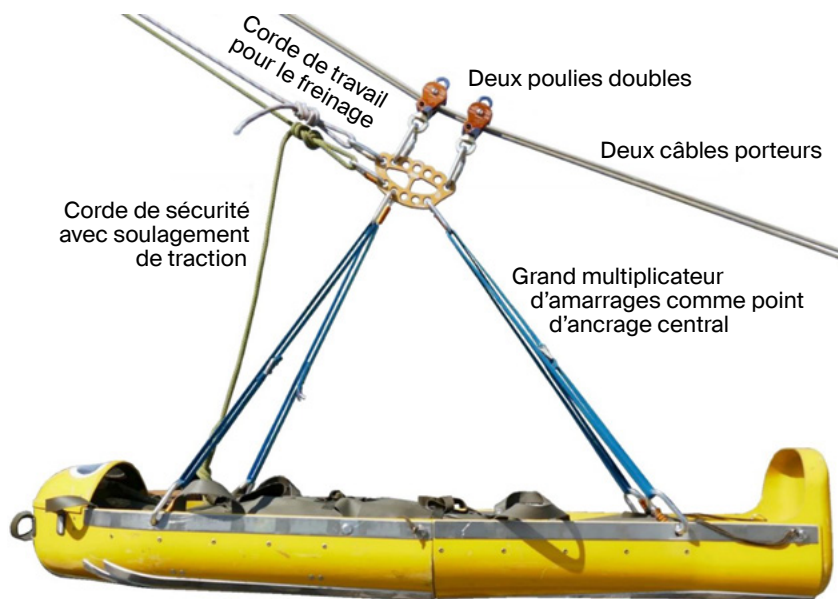


Fig. 74 : Transport de patients avec une tyrolienne inclinée simple

- Ancrages redondants
- Deux cordes porteuses
- Une corde de freinage et une corde de sécurité supplémentaire
- Deux poulies doubles pour le déplacement sur les cordes porteuses
- Le grand multiplicateur d'amarrages et les deux poulies doubles servent de chariots.

Le câble de traction est accroché directement sur le multiplicateur d'amarrage. La corde de sécurité est attachée au harnais d'antichute du patient et, comme décharge de traction, au multiplicateur d'amarrage.

La corde de travail et la corde d'assurage sont ancrées séparément au sommet. La personne est descen-

due par le haut au moyen de la corde de travail en utilisant un demi-nœud de cabestan ou un dispositif d'assurage. La corde de sécurité est également sécurisée par un demi-nœud de cabestan ou un dispositif d'assurage. En règle générale, cependant, une très grande force de freinage n'est pas nécessaire.

Attention : le parcours de toutes les cordes sous charge doit être pris en compte dès la planification de la tyrolienne. En raison de la charge et de l'allongement, toutes les cordes s'enfonceront davantage qu'à l'état non chargé (affaissement des cordes porteuses). Il y a un risque que les cordes passent inopinément sur des bords tranchants ou d'autres cordes (risque de brûlure par friction)!

Tactique / technique d'intervention

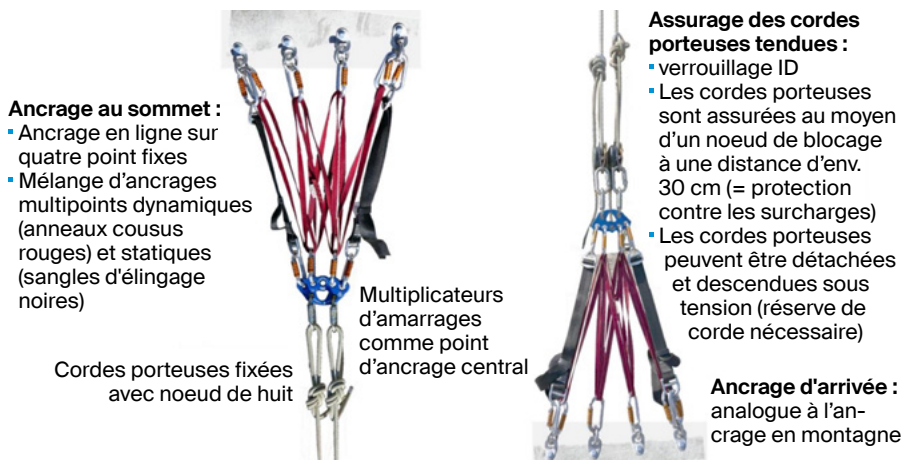


Fig.75 : Exemple d'un ancrage de sommet et d'arrivée sur béton avec un ancrage en ligne en quatre points fixes

Ancrage au sommet :

- Au moins deux points fixes par corde, si les points fixes sont entièrement sûrs, un point fixe est suffisant.
- Dans le béton, un ancrage en ligne avec 4 points fixes convient (voir illustration). Dans cet exemple, trois points fixes sont accrochés au multiplicateur d'amarrages au moyen de deux ancrages de compensation. Les deux points fixes extérieurs sont également guidés sur le multiplicateur d'amarrages en tant qu'ancrages statiques. Ceux-ci ne doivent être fixés qu'une fois les cordes porteuses tendues et alignées.
- Les deux cordes porteuses sont accrochées au multiplicateur d'amarrages par un nœud de huit et un mousqueton en acier, le plus près possible l'un de l'autre, afin que les poulies doubles du chariot puissent fonctionner de manière optimale.

Ancrage d'arrivée :

- L'ancrage d'arrivée suit le même principe que l'ancrage au sommet.
- Veiller à ce que les cordes porteuses soient parallèles et **ne** soient **pas tordues**.
- Les deux cordes porteuses sont chacune fixées par un dispositif d'assurage qui peut être relâché sous charge (par exemple ID) et le cas échéant tendu comme suit, 2 personnes au maximum en traction directe ou, au maximum 1 personne avec un palan 1:3, l'ID sert alors de renvoi et de bloqueur (analogue au palan universel avec trépid)

Les cordes porteuses ne doivent jamais être trop tendues ! Si la tension est trop élevée, des forces extrêmes peuvent agir sur les cordes porteuses et les ancrages, ce qui peut entraîner une défaillance totale du système!

Le dispositif d'assurage est bloqué après avoir été mis sous tension et fixé par un nœud de blocage et en plus, par un mousqueton.

Important : le nœud de blocage doit se trouver à une distance d'environ 30 cm du dispositif d'assurage. Cela sert de mesure de sécurité en cas de surcharge ou de tension excessive des cordes : la corde glisse à travers l'ID à environ 450 à 600 kg – les cordes porteuses s'allongent et les forces de tension diminuent par conséquent.

Pour les cordes porteuses, il est important de conserver une réserve suffisante. En cas de problème, les cordes peuvent être relâchées et abaissées de manière contrôlée avec les ID sous charge.

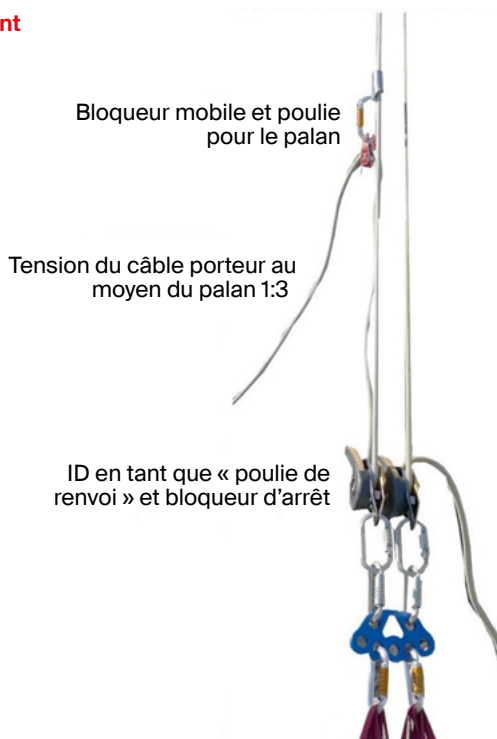


Fig. 76 : Tension des cordes porteuses avec une poulie de renvoi 1:3

Sauvetage dans les ouvrages de protection

Généralités

Les ouvrages de protection (abris et constructions de la protection civile) ont été réalisés principalement pour protéger la population civile et le personnel de la protection civile en cas de conflit armé.

Les abris sont des structures souterraines en béton fermées, lourdement armées et dotées d'entrées et de sorties de secours blindées. Ils sont ventilés artificiellement et offrent une bonne protection contre les effets des systèmes d'armes conventionnels, nucléaires et lorsque le filtre à gaz est activé, chimiques.

- 1 Compartiments d'abri avec 50 places au maximum
- 2 Voie d'évacuation / conduite d'air
- 3 Paroi intermédiaire
- 4 Entrée
- 5 Portes blindées
- 6 Local du sas et de nettoyage combiné
- 7 Porte pression
- 8 Volet blindé
- 9 Sortie de secours

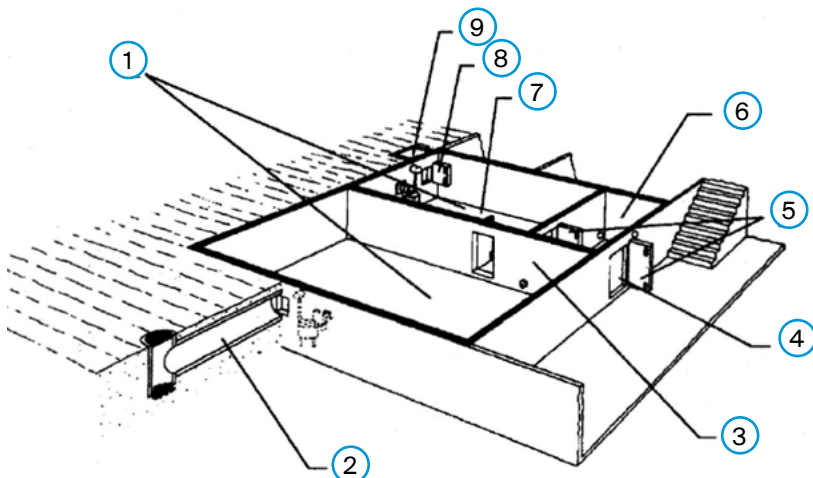


Fig.77 : Exemple d'abri comprenant 51 à 100 places protégées

Grâce à leur mode de construction, ils résistent à des chocs mécaniques importants. Ils peuvent donc assurer une protection non seulement en cas de guerre mais aussi (selon la situation) en cas de catastrophe.

Il est tout à fait concevable que la population utilise ses abris comme une « cellule » de sécurité après un tremblement de terre afin de se protéger des effets des répliques. Tel pourrait être notamment le cas lors de conditions météorologiques défavorables (par exemple, des températures très basses en hiver) et la nuit.

Sauver les gens dans les abris

Les personnes qui ont survécu à un tremblement de terre dans un abri peuvent généralement le quitter elles-mêmes par la porte blindée, la sortie de secours ou la voie d'évacuation. Si ces sorties sont bloquées par des décombres, les personnes emprisonnées doivent être secourues de l'extérieur par des équipes de l'USAR.

Une fois que l'on s'est assuré que les personnes se trouvent uniquement dans l'abri et non dans les décombres, ces derniers peuvent être enlevés au moyen d'équipements lourds et les accès à l'abri dégagés. Les personnes restent bien protégées dans l'abri. Il est important que les personnes emprisonnées soient

d'abord contactées et informées du procédé prévu.

L'accent est mis sur la pénétration vers la porte blindée, qui peut généralement être ouverte normalement après le déblaiement des décombres.

Si le mécanisme de fermeture de la porte blindée est coincé ou bloqué, il convient de procéder comme suit :

- Dévisser le levier de fermeture.
- Repousser la broche d'entraînement.
- Ouvrir la porte blindée.

- 1 Écrous
- 2 Levier de verrouillage
- 3 Boulon d'entraînement
- 4 Porte blindée

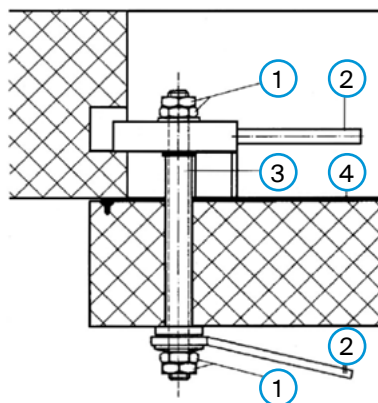


Fig. 78 : Mécanisme de fermeture d'une porte blindée

Sauvetage dans les ouvrages de protection

Si le mécanisme de fermeture ne peut pas être retiré, il convient d'envisager la procédure suivante :

- Glisser des planches sous la porte blindée.
- Enlever la rondelle de retenue ou couper le cordon de soudure avec une découpeuse.
- Sortir la goupille de la charnière.

- Faire glisser avec précaution la porte blindée du côté des charnières pour l'éloigner de l'enveloppe de l'abri. Ce faisant, protéger la porte blindée pour éviter qu'elle ne se renverse.

S'il n'est pas possible de pénétrer par les portes blindées, on peut le faire par une sortie de secours.

- 1 Charnière
- 2 Circlip / Point de soudure
- 3 Enveloppe de l'abri
- 4 Porte blindée
- 5 Goupille

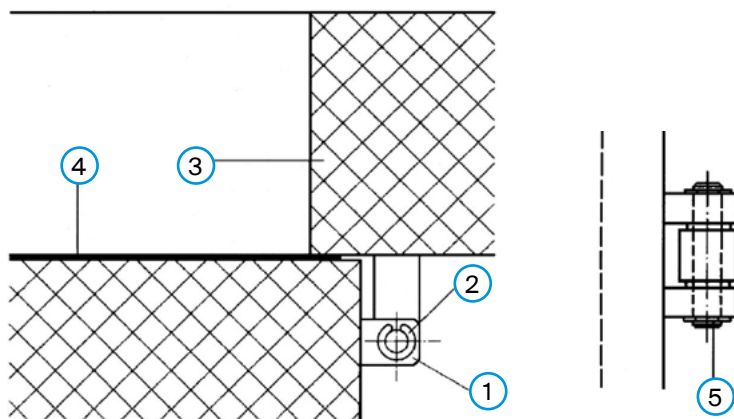


Fig. 79 : Charnières d'une porte blindée

- 1 Porte blindée
- 2 Planche(s)
- 3 Goupille
- 4 Circlip

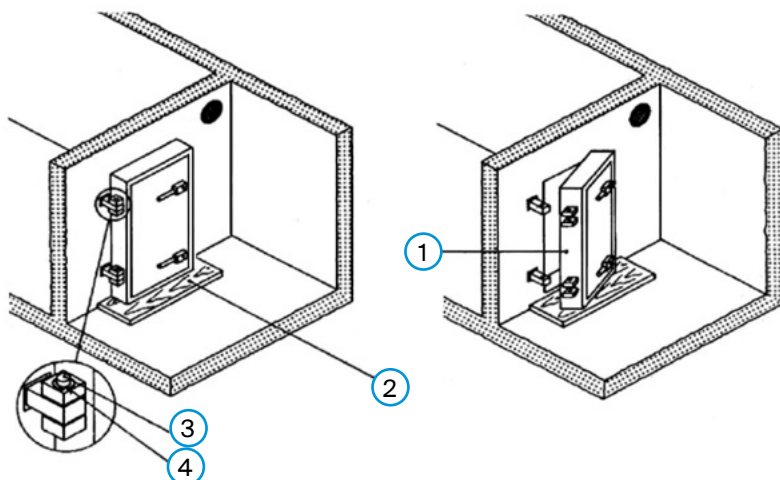


Fig. 80 : Phases lors de l'ouverture des portes de l'abri

- 1 Grille
- 2 Angle d'incidence min. 30°

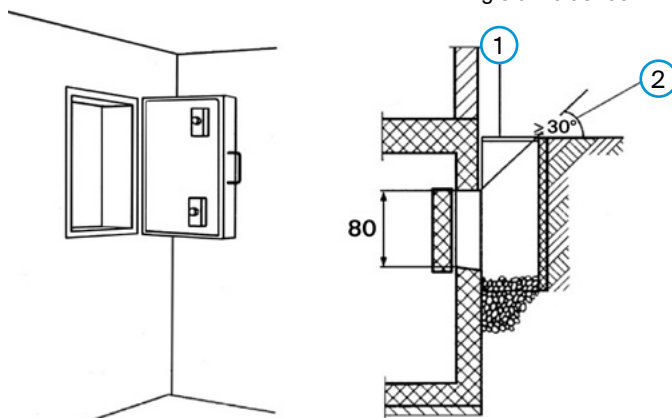


Fig. 81 : Sortie de secours avec couvercle blindé et puits de lumière

Sauvetage dans les ouvrages de protection

Le couvercle blindé s'ouvre vers l'intérieur. Pour l'ouvrir, il faut d'abord mettre en place le levier de fermeture. Celui-ci est généralement situé dans un support spécial sur le couvercle blindé ou sur le côté du cadre. Si le couvercle blindé est bloqué, le procédé est le même que pour la porte blindée.

Si ni la porte blindée ni le couvercle blindé ne peuvent être ouverts, les personnes emprisonnées doivent être libérées en perçant le mur. Cela nécessite toutefois beaucoup de temps en raison de la construction solide de l'enveloppe de l'abri. Lorsque l'on travaille avec des marteaux piqueurs, la percée se fait de préférence aux points suivants :

- Couvercle blindé
- Porte blindée
- Zone de la soupape de surpression

- 1 Moitié de la hauteur de la corniche du bâtiment
- 2 Volet blindé
- 3 Pente, au moins 10 %, maximum 15 %
- 4 Échelons
- 5 Couvercle résistant à la pression

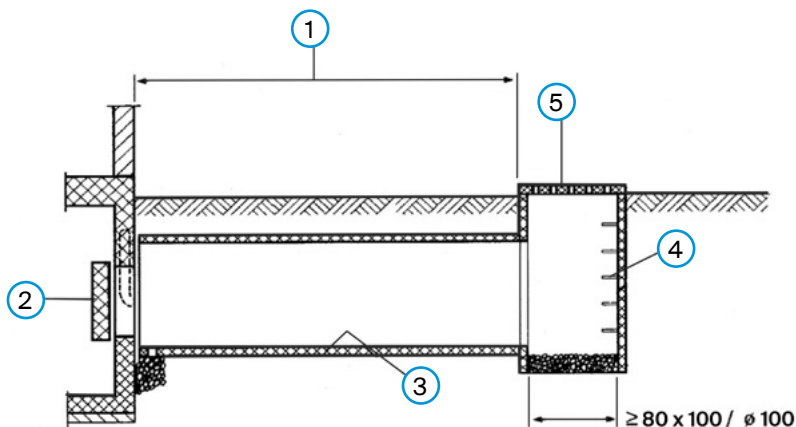
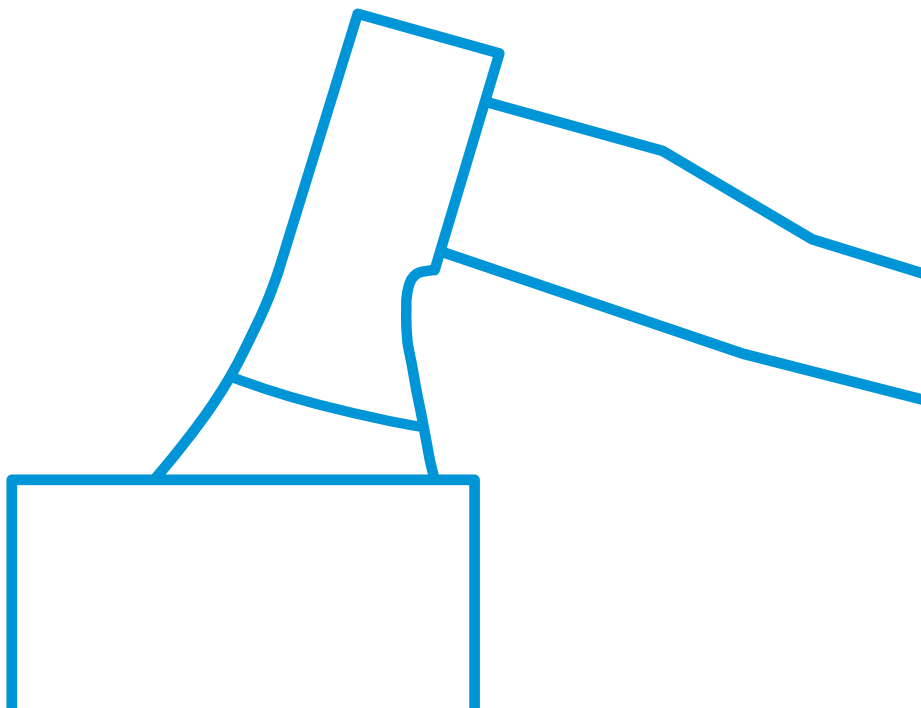


Fig. 82 : Sortie de secours avec couvercle blindé, voie d'évacuation et puits de montée

Manuel Pionnier

Travaux forestiers et ouvrages en bois



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Division protection civile et formation

Version 2025-07

Tables des matières

5 Travaux forestiers à la tronçonneuse	47 Ouvrages en bois
5 Avant-propos	47 Prescriptions de sécurité
6 Sécurité	47 Le bois utilisé comme matériau de construction
6 Dangers et risques	47 Avantages
9 Prescriptions de sécurité	48 Inconvénients
11 Équipement	48 Durée de vie
12 Organisation de la place de travail	50 Génie biologique
14 Barrages	51 Mesurer les angles avec un double-mètre
16 Plan d'urgence	52 Caissons en bois
21 Travaux à la tronçonneuse	52 Applications
21 Prescriptions de sécurité	52 Matériaux, équipement et sécurité au travail
21 Travailler en toute sécurité	54 Caisson en bois à simple paroi
23 Rebond (kick-back)	54 Caisson en bois à double paroi
24 Maintenance	55 Planification
25 Travaux forestiers simples	57 Techniques de construction
25 Tensions et compressions internes du bois	62 Caniveaux en bois
26 Technique de sciage et coupe de séparation	62 Autres modes de construction
31 Ébranchage	63 Disposition du lit
32 Méthodes d'ébranchage	64 Barrages en torrents
34 Utilisation d'un tire-câble	64 Principes de base pour les petits ouvrages transversaux
39 Utilisation de l'outillage	65 Disposition des ouvrages transversaux dans la vue en plan
43 Fendre le bois	65 Dimensions importantes pour les petits ouvrages transversaux
45 Travaux de débardage	66 Ouvrage transversal en caisson de bois à double paroi
	68 Ouvrage transversal en gabions
	69 Ouvrages de guidage
	70 Protection contre l'abrasion
	70 Protection contre l'affouillement (sol de chute)

Tables des matières

71 Seuils de fond	97 Ouvrages avec systèmes d'échafaudage
72 Chevauchement minimum	97 Introduction aux systèmes d'échafaudages pour les interventions (EGS)
72 Protection contre l'affouillement	98 Passerelle en cas de crue
73 Arrêt du flux d'infiltration	98 Passerelles et ponts
74 Protection des berges	100 Poste de décontamination / Sas de décontamination
74 Principes de base	
75 Exécutions	
76 Enrochements	
77 Caissons en bois	
77 Gabions	
78 Treillages	
78 Utilisation	
79 Planification	
80 Technique de construction	
82 Ponts	
82 Utilisation	
83 Planification	
85 Technique de construction	
90 Pont en rondins	
92 Passerelles	
92 Utilisation	
93 Planification	
93 Technique de construction	

Travaux forestiers à la tronçonneuse

Avant-propos

Les travaux d'exploitation forestière et l'utilisation de tronçonneuses comportent des dangers et des risques particuliers. Ils exigent des connaissances solides, de l'expérience, de la prudence, une formation pratique continue et un enseignement approfondi, raison pour laquelle ils sont qualifiés de travaux spécialisés.

Dans ce manuel, nous renonçons à décrire et à illustrer en détail les différentes techniques et situations d'abattage. Conformément à la loi fédérale sur les forêts, les compétences requises doivent être acquises dans le cadre de cours reconnus (par exemple, les cours de l'Association suisse des propriétaires forestiers « Forêt suisse »).

Les travaux d'abattage sont techniquement très complexes et exigeants ; chaque espèce d'arbre et chaque situation sont particulières et nécessitent une procédure adaptée. Sur le plan technique, les travaux forestiers doivent être effectués conformément aux règles reconnues. Seul un instructeur spécialisé est capable d'enseigner comment évaluer correctement des situations spécifiques et de choisir en conséquence les techniques de travail les plus sûres.

Les travaux d'abattage ne doivent être effectués que par le personnel (spécialisé) qualifié !

Il faut absolument éviter de tenter des actions téméraires, d'exiger du personnel des tâches qui dépassent ses compétences ou de prendre des risques inutiles !

L'offre de cours est disponible sur le site www.foretsuisse.ch (liste non exhaustive). Les cours suivants sont recommandés au personnel de la protection civile qui ne dispose pas d'une formation professionnelle de forestier ou d'une formation équivalente et qui sera appelé à effectuer des travaux forestiers ou à enseigner leur pratique :

- Cours de base sur la récolte du bois (E28).
- Cours d'approfondissement sur la récolte du bois (E29).

Sécurité

Dangers et risques

Les travaux forestiers comportent des dangers particuliers et, selon la situation, exposent à des risques spécifiques et parfois élevés. Dans certaines situations, l'entraide est indispensable : pour sécuriser le lieu de travail, pour exécuter certaines étapes de travail ou des techniques spéciales. Ce point est particulièrement important en cas d'accident, lorsqu'il faut apporter les premiers secours, offrir son assistance au sein du groupe ou donner l'alerte. Il convient par conséquent de respecter la règle suivante :

Les travaux à la tronçonneuse et les travaux forestiers comportent des dangers particuliers et ne doivent jamais être exécutés par une seule personne !

Causes d'accidents lors des travaux à la tronçonneuse et d'exploitation forestière (liste non exhaustive) :

- Les règles de sécurité n'ont pas été respectées dans la zone dangereuse / de travail ou au sein du groupe.
- Les dangers, en particulier les tensions entre les branches et les troncs, n'ont pas été identifiés ou alors ont été mal interprétés.
- Il y a eu confusion entre les zones de tension et de compression du bois.

- La personne maniant la tronçonneuse ou d'autres personnes participant aux travaux ne se tenaient pas en des endroits sûrs.
- La communication était insuffisante et / ou il manquait des moyens de communication (pas de communication radio, par exemple).
- Les machines, appareils ou autre matériel n'ont pas été utilisés de manière appropriée.
- La technique de coupe ou de séparation était inadaptée ou mal exécutée.
- L'équipement de protection individuelle (EPI) était insuffisant.

Le travail en forêt requiert donc une préparation minutieuse et rigoureuse. La procédure et le matériel utilisé doivent être définis au préalable. Il convient en outre de vérifier si l'on dispose de personnel formé et compétent, de définir les mesures de sécurité et le comportement en cas d'urgence, etc.

La création d'un plan de sécurité est indispensable. Ce dernier comprend l'évaluation et la catégorisation des dangers et des risques, la définition de mesures appropriées et la planification des mesures d'urgence. Un guide pour l'élaboration d'un plan de sécurité est disponible dans le manuel Pionniers, partie Bases.

Le matériel requis doit correspondre aux normes techniques en vigueur et être en état de fonctionnement.

Le personnel engagé doit disposer de la formation et de l'équipement (EPI) appropriés et être capable d'effectuer les tâches requises.

En cas d'urgence, la première priorité est d'assurer le plus haut niveau de sécurité possible pendant l'intervention ; la récolte du bois passe au second plan !

Afin de maintenir un niveau de performance et de concentration élevé, il convient de prévoir des pauses régulières et un ravitaillement approprié. Il est recommandé de prendre des collations entre les repas afin de couvrir les besoins énergétiques considérablement accrus.

Une hydratation insuffisante a un effet particulièrement négatif sur les processus fonctionnels du corps humain, ce qui non seulement nuit à

la santé mais augmente aussi considérablement le risque d'accidents. Les besoins quotidiens en liquide, estimés à environ 2,5 litres, doublent rapidement avec le travail physique ou en fonction de certaines conditions météorologiques. En particulier dans le cas de travaux physiques lourds, une bonne hydratation constitue une mesure préventive encore trop peu prise en compte. Une perte d'eau correspondant à seulement 2 % du poids corporel ne peut plus être entièrement compensée pendant le travail. Le corps peut absorber au maximum 0,8 litre de liquide par heure. Il ne suffit généralement pas de boire uniquement pendant les pauses principales. Même une légère déshydratation a un effet notable sur les performances physiques et mentales.

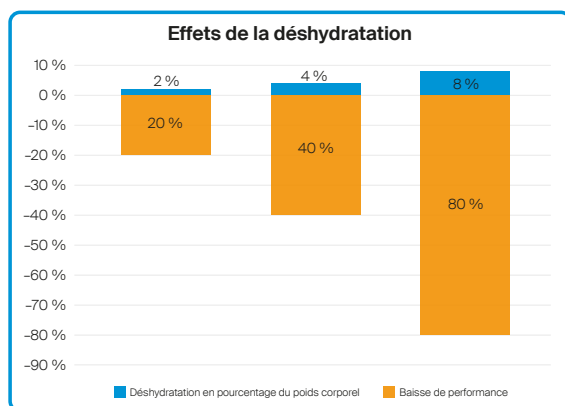


Fig.1 : Perte de liquide exprimée en pourcentage du poids corporel et corrélation avec la baisse des performances

Travaux forestiers à la tronçonneuse

Les piqûres de tiques représentent un autre danger lié aux travaux forestiers. Pour les éviter, les instructions suivantes doivent être suivies scrupuleusement :

- Porter des chaussures hautes et fermées
- Porter des vêtements fermés à manches longues et des pantalons
- Utiliser un spray anti-tiques ou un produit répulsif équivalent
- Après le travail, inspecter ou faire inspecter le corps
- Consulter un médecin en cas de morsure de tique
- Se faire vacciner contre le virus de l'encéphalite à tiques (virus de la FSME)

Nous vous recommandons en outre de consulter les documents suivants :

- Directives de la CFST N° 2134, Travaux forestiers
- Récolte du bois, cartes de révision de l'Association des propriétaires forestiers Forêt Suisse

Brochures de la SUVA

- Travaux en forêt : une affaire de pros, 44069
- Attention aux tiques ! 44051
- Carte d'appel d'urgence, 88217/1
- Brochures, check-lists et informations supplémentaires disponibles sous : Travaux forestiers



[https://www.suva.ch/
fr-ch/prevention/
par-branche/eviter-les-
accidents-lors-
de-travaux-forestiers](https://www.suva.ch/fr-ch/prevention/par-branche/eviter-les-accidents-lors-de-travaux-forestiers)

Les directives 2134 de la CFST doivent être observées lors de travaux à la tronçonneuse et de travaux forestiers effectués par la protection civile.

Prescriptions de sécurité

Extraits tirés des Directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile du 1^{er} mars 2020.

Section 2: Équipement personnel

Art. 10 Généralités

¹ L'équipement personnel doit:

- a. être adapté à l'utilisation prévue;
- b. protéger efficacement la personne qui le porte contre les risques attendus.

² Les prescriptions de sécurité et d'utilisation du fabricant doivent être observées.

Art. 11 Chaussures

Les chaussures de toutes les personnes astreintes doivent présenter au minimum les qualités suivantes:

- a. empeigne montante, solide, jusqu'au-dessus de la cheville;
- b. semelle profilée antidérapante;
- c. talon fermé;
- d. résistance à l'eau;
- e. résistance à l'électricité statique et au carburant.

Art. 12 Tenue de signalisation

Il convient de porter sur le buste au moins, un vêtement réfléchissant homologué de la classe 2 EN ISO 20471:

- a. pour les travaux sur la voie publique;
- b. en cas de mauvaise visibilité;
- c. dans le rayon d'action des machines.

Section 3: Engins et matériel

Art. 13 Généralités

¹ Les engins utilisés doivent:

- a. être adaptés à l'utilisation prévue;
- b. être utilisés conformément aux règles techniques reconnues.

² Les prescriptions de sécurité du fabricant doivent être respectées.

³ Le matériel employé doit être adapté à l'usage qui en est fait et correspondre aux principales normes de sécurité.

⁴ Les systèmes de sécurité ne doivent pas être ôtés ou modifiés.

Section 5: Travaux forestiers

Art. 46 Travaux forestiers

¹ Les travaux forestiers ne doivent être effectués qu'en accord avec le service forestier compétent.

² Il convient de respecter les directives 2134 de la CFST sur les travaux forestiers.

³ En fonction de leur formation, les personnes astreintes peuvent être engagées pour effectuer les travaux forestiers suivants:

- a. les garde-forestiers formés pour tous les types de travaux de récolte du bois;
- b. les personnes astreintes qui ont suivi avec succès un cours de récolte du bois reconnu d'au moins 10 jours pour abattre, ébrancher et transporter des arbres. Tout abattage spécial ou débitage comportant des dangers similaires est interdit;
- c. les personnes astreintes qui ont suivi avec succès un cours de récolte du bois d'au moins 3 jours pour abattre, ébrancher et transporter des arbres d'un diamètre maximal de 20 cm. Tout abattage spécial ou débitage comportant des dangers similaires est interdit;
- d. les personnes astreintes ayant suivi une formation de base pour le maniement de la tronçonneuse à la chaîne pour ébrancher et transporter des arbres d'un diamètre maximal de 20 cm. Elles n'ont pas le droit d'abattre des arbres.

Commentaires :

Art. 11 Chaussures

Les bottes de combat de l'Armée suisse possèdent ces qualités et sont autorisées pour toutes les activités de la protection civile. Lors de travaux particulièrement dangereux, les cantons statuent eux-mêmes sur une augmentation des exigences relatives aux chaussures.

Art. 12 Tenue de signalisation

Let. c

Par rayon d'action des machines on entend par exemple la zone de travail d'une excavatrice, d'une grue, d'un tracteur forestier ou d'un camion/tombereau.

Art. 13 Généralités

Al. 2

Les prescriptions de sécurité et d'utilisation édictées par la Confédération s'appliquent aux engins et au matériel fournis par cette dernière (matériel standardisé).

Il est conseillé de faire vérifier chaque année la sécurité des appareils électriques mobiles et connectables et des génératrices d'électricité mobiles par un spécialiste, conformément à la norme VDE 701/702, publiée par l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI), même si cette vérification n'est pas prescrite par le fabricant.

Art. 46 Travaux forestiers

Al. 3

Les travaux de récolte de bois englobent l'abattage, la préparation (ébranchage, coupe, écorçage) et le déplacement d'arbres et de troncs. Si la législation cantonale sur les forêts prévoit des prescriptions plus strictes, celles-ci doivent être observées. L'expression « travaux de récolte du bois » n'englobe pas le découpage de rondins dans le cadre de travaux de construction (p. ex. construction d'un caisson en bois).

Let. b et c

Par abattage normal, on entend l'abattage d'arbres sains, non gelés et équilibrés. L'abattage spécial concerne des arbres sous tension, penchés, pliés, gelés, fendus ou imbriqués les uns dans les autres. L'abattage spécial comporte des risques importants et doit de ce fait être effectué par des spécialistes.

Équipement

Les personnes maniant une tronçonneuse doivent porter un équipement de protection individuelle (EPI). Il doit être porté en permanence et de manière rigoureuse lors des travaux exécutés avec une tronçonneuse.

L'EPI est constitué des éléments suivants :



Fig. 2 : EPI lors de travaux avec une tronçonneuse (SUVA)

Le pantalon anti-coupures est un élément essentiel de l'EPI. Avec le casque, il offre une protection efficace. Aux points les plus vulnérables, à 360° sur tout le tour de la jambe, une couche de fils tissés lâchement, très longs, fins et résistants à la déchirure est incorporée

entre les tissus extérieurs et intérieurs du pantalon, de la cheville à la hanche.

À son contact, la chaîne de la tronçonneuse coupe le tissu supérieur et arrache les fils de la couche protectrice. Ceux-ci s'enroulent alors autour de la roue motrice de la tronçonneuse et bloquent la machine en une fraction de seconde.



Fig. 3 : Tronçonneuse en contact avec un pantalon anti-coupures (Husqvarna)

Les pantalons de protection sont répartis en quatre catégories :

- Classe 0 : jusqu'à 16 m/s
- Classe 1 : jusqu'à 20 m/s
- Classe 2 : jusqu'à 24 m/s
- Classe 3 : jusqu'à 28 m/s

Pour les travaux à la tronçonneuse et d'exploitation forestière réalisés dans le cadre de la protection civile, nous recommandons de porter un équipement de la classe 1 !

Organisation de la place de travail

Pour un travail efficace et sûr, les ordres doivent être compréhensibles et définis au préalable afin d'éviter tout malentendu. Il est recommandé de consulter les spécialistes responsables et les propriétaires forestiers. L'organisation des coupes et la réalisation de croquis permettent de visualiser les différents postes de travail ainsi que les voies de transport possibles. Le travail doit toujours être organisé et exécuté de manière à ce que toutes les prescriptions en matière de sécurité soient respectées en permanence. Le personnel doit être informé au préalable de la procédure et des techniques de travail, ainsi que de l'organisation du lieu de travail. Les règles de sécurité en vigueur dans la protection civile ainsi que les prescriptions du fabricant pour les appareils et machines utilisés doivent bien entendu être appliquées à tout moment.

Les supérieurs hiérarchiques sont tenus de le vérifier et, si nécessaire, d'ordonner des mesures appropriées et d'apporter des corrections.

Les supérieurs hiérarchiques sont tenus de contrôler les mesures prises conformément au concept de sécurité et la mise en œuvre des prescriptions de sécurité, et, le cas échéant, de corriger les comportements problématiques!

Tout au long des travaux, il convient de veiller à l'ordre ; d'une part, cela permet de garantir la sécurité sur le lieu de travail et, d'autre part, cette mesure simple permet d'éviter des pertes de matériel coûteuses. Si le travail est effectué en groupe, il faut s'assurer que les personnes ne se mettent pas en danger les unes les autres et que les distances et les zones de sécurité requises soient observées. D'une manière générale, les zones dangereuses liées aux dispositifs techniques, aux appareils et machines ou aux processus de travail spécifiques doivent être respectées: personne ne doit s'y tenir en dehors des personnes réalisant les travaux. Ces dernières, qui manient la tronçonneuse ou conduisent des machines, doivent être protégées par des mesures et des précautions appropriées.

Les travaux forestiers doivent être conçus de telle sorte que les effets négatifs des conditions météorologiques puissent être atténués au maximum. En particulier dans le cas d'interventions plus longues, il convient de pouvoir proposer une hygiène adéquate afin de protéger au mieux la santé du personnel engagé sur le terrain. À cette fin, on peut mettre à disposition un véhicule ou monter une tente. L'abri doit avant tout protéger les personnes de l'humidité et du froid, offrir une aire de repos et la possibilité de faire des pauses et de se ravitailler au sec.

Il est impératif d'utiliser des moyens de communication appropriés sur le lieu de travail et dans les environs. Pour les travaux comportant des dangers particuliers et exécutés avec des machines bruyantes, les garnitures de communication sont très utiles et efficaces. Elles peuvent être installées directement dans les protecteurs d'ouïe du casque.

Barrages

Les tiers ne doivent en aucun cas être mis en danger ; il faut en tenir compte dès la phase de préparation des travaux. Les gens se rendent en forêt pour des raisons très diverses, ils pratiquent des activités sportives, cherchent des champignons et des baies ou souhaitent simplement profiter de la nature. Le risque d'accident pour les tiers doit être réduit autant que possible par la mise en œuvre de mesures de sécurité. Sur toutes les aires accessibles au public – y compris les chemins forestiers, les sentiers pédestres et les chemins de randonnée, à l'except-

tion des ouvrages utilisés exclusivement à des fins privées – les mesures de sécurité requises en vertu de la loi sur la circulation routière (LCR), de l'ordonnance sur la signalisation routière (OSR) et des prescriptions cantonales d'exécution doivent être appliquées.

La barrière doit être un obstacle clairement identifiable et conforme à la signalisation en vigueur. Dans les zones particulièrement fréquentées, le recours à des agents de sécurité doit être envisagé et contrôlé. On installera un poste de sécurité si l'évaluation du risque réalisée dans le cadre du concept de sécurité



Fig. 4 : La signalisation doit être claire (SUVA)

l'impose. Une liaison radio entre la personne utilisant la tronçonneuse et le poste de sécurité doit être mise en place. Si nécessaire, des concertations doivent être menées en temps utile avec les autorités responsables. Il peut s'agir des autorités chargées de la circulation rou-

tière, des chemins de fer, des fournisseurs d'énergie ou de la police. Lors de la planification et de la mise en œuvre des mesures de sécurité et des barrages sur le lieu de travail, il faut absolument prévoir et mettre en place les éventuelles déviations.



Fig. 5 : Bâche de barrage réfléchissante (pour les coupes de bois)



Fig. 6 : Barrage professionnel (GRABUS)

Plan d'urgence

Les événements inattendus ou les accidents peuvent avoir des conséquences considérables pour toutes les personnes concernées. Il ne s'agit pas toujours d'un accident avec une machine ou une tronçonneuse; les problèmes de santé, les allergies, les piqûres ou une maladie aiguë peuvent également toucher tout le monde. Il est donc d'autant plus important de pouvoir réagir et intervenir rapidement et efficacement et de ne jamais travailler seul!

Un plan d'urgence spécifique au poste de travail doit être rédigé et être disponible. Il sera vérifié quotidiennement et adapté le cas échéant. Les conseils ci-dessous permettent d'établir un plan d'urgence efficace et concis.

Alarme

Créer une carte d'urgence ou utiliser des modèles (SUVA)

- Noter les numéros importants (ambulance, REGA, hôpital le plus proche, autres numéros comme celui de la personne de confiance ou de contact).
- Noter les coordonnées du poste de travail (qui peuvent changer au fur et à mesure de l'avancement des travaux). Elles seront communiquées en cas de sauvetage hélicoptéré.

- Inscrire un point de rencontre avec les coordonnées pour le sauvetage au sol.

Avant de commencer le travail, il est essentiel de présenter la carte d'urgence au personnel et de lui demander de la compléter. Ce n'est que si son utilisation est connue de tous que l'on peut en tirer le plus grand profit.

Check-list avant le début des travaux

- Trousse de premiers secours à disposition
- Optimal: chaque personne a sur elle du matériel de pansement
- Système d'alarme garanti
 - Téléphones portables chargés
 - Réception assurée
 - Appareils radio prêts à l'emploi
 - Vérification des liaisons avec tous les moyens de communication
- Toutes les personnes ont la carte d'urgence sur elles.
- Les mesures de premiers secours sont connues de tous.
- L'accès à un éventuel lieu d'accident par des équipes de secours a été pris en compte (état de la route, routes libres d'obstacles, praticabilité dans la neige ou le verglas, visibilité aérienne).

Urgence: procédé selon le schéma du feu de signalisation



Fig.7: Schéma du feu de signalisation (Association suisse des samaritains)

Apporter l'aide d'urgence conformément au schéma BLS-AED!

Schéma BLS-AED

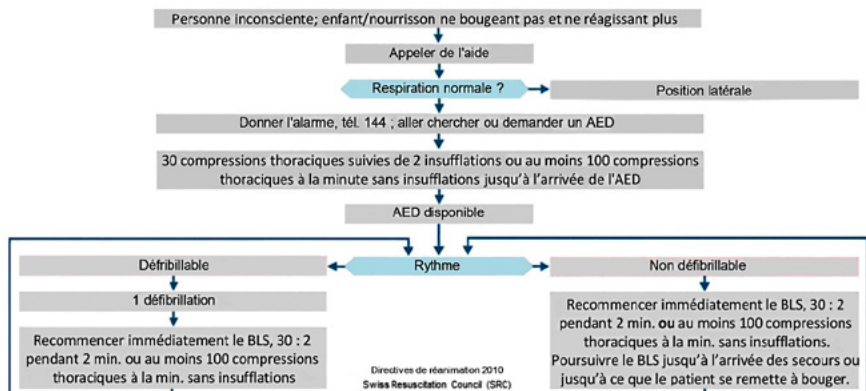


Fig. 8 : Schéma BLS-AED (Association suisse des samaritains)

Plan d'urgence coupe de bois Sugiez 2020 : Chemin du Chablais



Emplacement :	Forêt "Chablais", Coupes de bois le long du Chemin du Chablais	Numéro d'urgence	112
		Ambulance	144
		Hôpital de Morat	026 306 70 00
Sauvetage au sol :	Lieu de rencontre gare de Sugiez Coord. 575 724 / 201 470	REGA	1414
Sauvetage hélicoptère :	Coupe 1 Coord. 576 159 / 200 643		
	Coupe 2 Coord. 576 675 / 199 918		
	Coupe 3 Coord. 577 003 / 199 438		

Fig. 9 : Concept de sécurité dans une version compacte – Mini COSE comme exemple pour une coupe de bois

Danger	Risque	Degré de risque	Mesures	Risque après mise en œuvre des mesures	Exécuter les travaux
Promeneurs	touchés par des éclats de bois écrasés par des arbres	élevé	Installer des barrages. Si nécessaire, empêcher les personnes de passer.	faible	Oui
Cyclistes	touchés par des éclats de bois écrasés par des arbres entrés en collision	moyen	Installer des barrages. Si nécessaire, empêcher les personnes de passer.	faible	Oui
Cyclistes en vélos électriques	touchés par des éclats de bois écrasés par des arbres entrés en collision	moyen	Installer des barrages et des signalisations à une distance suffisante. Si nécessaire, empêcher les personnes de passer.	faible	Oui
Faune	morsures infections	faible	Tenir à distance les animaux que le klaxon d'alarme ou des cris ne feraient pas fuir.	faible	Oui
Insectes	piqûres réaction allergique	élevé	Disposer de matériel de premiers secours sur place Recenser les éventuelles allergies avant l'intervention et emporter les médicaments appropriés.	moyen	Oui
Tiques	morsure maladies (encéphalite à tiques, borréliose)	élevé	Se faire vacciner. Utiliser des sprays appropriés (antitiques) et porter des vêtements couvrant le corps. Consulter immédiatement un médecin en cas de morsure de tique.	moyen	Oui

Danger	Risque	Degré de risque	Mesures	Risque après mise en œuvre des mesures	Exécuter les travaux
Bois mort	personnes écrasées	élevé	Inspecter les lieux avec des experts avant le début des travaux. Signaler/éviter les troncs et les zones dangereuses.	faible	Oui
Tensions dans le bois	personnes écrasées blessures graves	élevé	Veiller à la formation des personnes exécutant les travaux. Désigner un responsable de la sécurité sur place. Cesser les activités en cas de doute.	moyen	Oui
Tempête	personnes touchées par des éclats de bois ou des troncs personnes écrasées par des arbres	élevé	Prendre en considération les prévisions météorologiques et observer l'évolution de la situation sur place. Ne pas travailler en forêt en cas de forts vents et de tempête.	faible	Oui
Canicule	déshydratation	élevé	S'hydrater suffisamment, aussi en dehors des pauses.	moyen	Oui
Pluie	glissades	moyen	Porter des chaussures robustes avec des semelles antidérapantes.	faible	Oui
Froid	accidents	moyen	Porter des vêtements appropriés (principe des couches).	faible	Oui

Tab 1 : Dangers particuliers

Travaux à la tronçonneuse

Prescriptions de sécurité

L'utilisation d'une tronçonneuse ne peut être comparée à celle d'une hache ou d'une scie. La chaîne tourne à une vitesse élevée et les dents sont très aiguisées. Il convient donc d'observer des prescriptions de sécurité particulières.

Pour tous les travaux à la tronçonneuse, le port de pantalons anti-coupures ou de jambières de protection est obligatoire. Ils doivent correspondre à la classe de protection exigée. La classe de protection 1 (vitesse de la chaîne de 20 m/s) est suffisante pour les tronçonneuses utilisées dans la protection civile.

Au démarrage du moteur et pendant les travaux, nulle autre personne que l'utilisateur ne doit se tenir à moins de 2 m de la tronçonneuse.



Fig.10 : Mise en marche de la tronçonneuse (SUVA)

Pour faire le plein, remettre de l'huile, remplacer la chaîne ou vérifier sa tension, le moteur doit être éteint.

Il est interdit :

- d'utiliser la tronçonneuse au-dessus de la hauteur d'épaules!
- de transporter la tronçonneuse avec le moteur en marche!

Travailler en toute sécurité

Lors des déplacements (On fait une distinction entre les déplacements pendant les travaux avec la tronçonneuse, comme pour l'ébranchage, et les déplacements avant et après les travaux.) avec la tronçonneuse, les points suivants devraient être observés :

- Bloquer le frein de la chaîne et arrêter le moteur pour des distances de plus de 50 m.
- Porter la tronçonneuse par la poignée tubulaire et orienter le pot d'échappement très chaud à l'opposé du corps (risque de brûlure).
- Diriger le guide-chaîne vers l'arrière.

Transport :

- Pour le transport dans un véhicule, assurer la tronçonneuse de telle sorte qu'elle ne risque pas de se renverser, d'être endommagée ou de perdre du carburant.

Mise en service :



Fig. 11 : Distance de sécurité de 2 m au minimum (SUVA)

- Adopter une position stable et sûre.
- La tronçonneuse est manipulée par une seule personne.
- Nulle autre personne que l'utilisateur ne se trouve dans la zone de travail.
- Bloquer le frein de chaîne avant de démarrer le moteur.
- Tenir la tronçonneuse entre les deux jambes au moment de la mettre en marche.
- Ne pas mettre la tronçonneuse en marche si la chaîne se trouve dans une entaille.
- Démarrer la tronçonneuse en respectant le mode d'emploi du fabricant.
- La tronçonneuse ne peut être utilisée que si elle est en parfait état de marche

Toujours tenir fermement la tronçonneuse à deux mains : main droite sur la poignée arrière – ceci est également valable pour les gauchers !

Pour pouvoir guider la machine en toute sécurité, empoigner fermement la poignée tubulaire et la poignée de commande en les entourant avec les pouces !



Position sûre : les jambes se trouvent toujours derrière la poignée tubulaire !



Fig. 12 : Position correcte de la main droite et du pouce de la main gauche ainsi que des jambes pour pouvoir guider la machine en toute sécurité (STIHL)

Rebond (kick-back)

Dans le langage professionnel, le rebond d'une tronçonneuse est aussi appelé kick-back. En cas de rebond, la tronçonneuse, ou plus précisément la tête du guide-chaîne, est brusquement projetée vers l'utilisateur en décrivant un mouvement incontrôlable. L'utilisateur n'a pas le temps de réagir. Il est donc très important de manier et guider la tronçonneuse correctement afin d'éviter ce genre de situation entraînant des blessures graves.

Un rebond peut se produire si le quart supérieur de la tête du guide-chaîne entre en contact avec un objet ou si la chaîne se trouve coincée dans la coupe. En une fraction de seconde, la tête de guidage peut alors être projetée vers le haut et en arrière en direction de l'utilisateur. Cela se produit également si la chaîne se trouve coincée au niveau de la tête du guide-chaîne.



Fig.13 : Risque de rebond (SUVA)

Dans les deux cas, l'utilisateur risque de perdre le contrôle de la machine.

Lui et les personnes se trouvant à proximité peuvent être grièvement blessés.

Lorsque l'utilisateur tient la tronçonneuse correctement et que la main gauche et plus particulièrement le pouce entourent fermement la poignée tubulaire, le frein de chaîne est déclenché et la chaîne s'arrête immédiatement.

Si la poignée tubulaire n'est pas entourée fermement par le pouce de la main gauche, la tronçonneuse est projetée hors de la main en cas de rebond !

Il est possible de réduire fortement le risque de rebond en observant les mesures suivantes (liste non exhaustive):

- Utiliser des chaînes semi-chisel, elles ont un profil de coupe arrondi et sont moins « agressives » que les chaînes full chisel.
- Toujours prendre la tronçonneuse à deux mains, la tenir fermement et scier à pleins gaz.
- Scier avec la tête de guidage exige de maîtriser cette technique; elle n'est à utiliser que si l'on est à l'aise avec celle-ci.

- Dans le secteur professionnel ou agricole, les chaînes sont souvent aiguisées spécialement afin d'optimiser la puissance de sciage ; cela est fortement déconseillé dans la protection civile.
- Toujours travailler avec une chaîne correctement affûtée et bien tendue, le retrait du limiteur de profondeur ne doit pas être trop grand.
- Faire attention à la position du tronc et aux forces qui pourraient refermer la coupe et coincer la chaîne.
- Faire extrêmement attention en engageant la tronçonneuse dans une coupe déjà commencée.
- Travailler de façon réfléchie en appliquant la technique qui convient.

L'expérience montre que la plupart des accidents dus à des rebonds se produisent lors de l'ébranchage. La personne qui manie la tronçonneuse doit par conséquent adopter une position sûre et stable et veiller à ce qu'aucun objet au sol ne puisse la faire trébucher. Par manque d'attention, la tête de guidage peut entrer en contact avec un arbre proche ou tout autre objet et provoquer un rebond.

Maintenance

La tronçonneuse doit faire l'objet d'une maintenance régulière. Effectuer soi-même exclusivement les opérations de maintenance et les réparations décrites dans la notice d'emploi. Toutes les autres opérations doivent être exécutées par le service compétent de la protection civile ou de l'organisation de protection civile ou par un revendeur spécialisé.

Avant toute intervention de réparation, de maintenance ou de nettoyage, il faut éteindre le moteur afin d'éviter tout risque de blessure !

Les travaux en vue de remettre en état, de contrôler ou d'entretenir la tronçonneuse doivent être effectués après chaque utilisation en respectant les instructions du fabricant.

Si le frein de chaîne ne fonctionne pas, arrêter immédiatement le moteur et faire contrôler par un spécialiste.



Fig.14 : Prudence lors de l'ébranchage
(Husqvarna)

Travaux forestiers simples

Tensions et compressions internes du bois

Les troncs d'arbres présentent des tensions internes qui varient en fonction de leur croissance, de leur emplacement, de l'exposition au vent ou, après une tempête, de leur position – couchés ou encroués. Lorsque l'on coupe ces troncs, les tensions peuvent se décharger en une fraction de seconde. Avant que la personne maniant la tronçonneuse ne puisse réagir, les morceaux de bois entraînés par cette décharge peuvent l'atteindre et la blesser grièvement ou mortellement.



Fig. 15 : Le bois éclaté peut causer des blessures graves (SUVA)

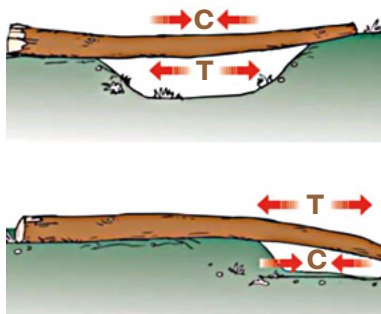


Fig. 16 : Zones de tension et de compression de troncs d'arbres couchés au sol (SUVA)

Le sciage de troncs ou de branches qui pourraient être sous tension requiert une prudence particulière. Commencer par déterminer la direction de la tension et l'emplacement des zones de tension (T) et de compression (C) et estimer l'intensité des tensions (faible, moyenne, élevée). Cela permet de situer l'endroit où le bois se fendrait si la tension augmentait. Déterminer ensuite si et par quel moyen la tension peut être éliminée sans danger et si l'on dispose des connaissances techniques requises. Il convient de tenir compte de l'essence de l'arbre : les conifères ont des fibres longues, d'où une bonne aide dans la chute, alors que les feuillus ont des fibres plus dures qui se cassent au lieu de plier. Les arbres de cette espèce peuvent présenter des tensions importantes, même avec un petit diamètre, ce qui peut provoquer des blessures mortelles en cas de mauvaise technique de coupe.

Travaux forestiers à la tronçonneuse

Une bonne préparation sur les conséquences des tensions dans le bois offre une bonne base de travail pour sa coupe.

- Sur la base de l'évaluation de la situation, choisir un emplacement sûr et la technique qui convient.
- Toujours commencer par le côté de la compression.
- En cas de doute, interrompre le travail et faire exécuter la coupe par un professionnel.

Technique de sciage et coupe de séparation

Après avoir identifié l'emplacement de zones de tension et de compression, exécuter une ou plusieurs coupes à l'endroit de la rupture en fonction de l'intensité des tensions. Interrompre immédiatement les travaux si les opérations s'avèrent trop complexes ou dangereuses et réévaluer la situation.

Généralités

- Évaluer le tronc d'arbre en tenant compte de sa situation, de l'environnement, des zones de tension et de compression.
- Choisir un emplacement sûr où la personne maniant la tronçonneuse ne peut être touchée par le tronc ou la branche libérée de sa tension.
- Prudence avec les morceaux de bois qui pourraient rouler, être projetés ou tomber.



Fig.17 : Travailler à flanc de coteau (SUVA)



Fig.18 : Ne jamais travailler dans la zone dangereuse (SUVA)

- À flanc de coteau, toujours se tenir en amont ou à côté du tronc (emplacement sûr) ou d'arbres couchés et prendre garde aux troncs qui pourraient dévaler la pente.
- Évaluer les risques et dangers avant et après la coupe et procéder en conséquence.
- Interdire l'accès aux zones dangereuses.
- Définir le chemin de repli dès le début des travaux et veiller à ce qu'il reste dégagé.
- La coupe de bois de construction équarri ou rond présente aussi un certain danger (tensions internes du bois, morceaux détachés qui roulent ou qui tombent).
- Ne jamais travailler avec la tronçonneuse au-dessus de la hauteur d'épaules.
- Veiller à la sécurité des tiers, travailler de manière réfléchie et anticiper les dangers.
- Toujours laisser la chaîne en rotation en sortant la tronçonneuse de la coupe.
- Utiliser la tronçonneuse exclusivement pour le sciage – ne pas s'en servir pour faire levier ou pour écarter des branches ou des racines.
- Attaquer la coupe en accélérant à pleins gaz et en plaquant fermement la griffe contre le bois – commencer à scier seulement une fois que ces conditions sont remplies.
- Adopter une posture correcte et maintenir le dos droit, utiliser les possibilités offertes par la structure du bois pour poser la tronçonneuse.

Tenir la tronçonneuse de telle sorte qu'aucune partie du corps ne se trouve dans le prolongement du plan de basculement de la chaîne.

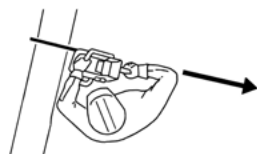


Fig. 19 : Plan de basculement de la chaîne (STIHL)

Traction

Si lorsqu'on coupe avec le côté inférieur du guide-chaîne – coupe sur le dessus – la chaîne se coince ou touche un corps étranger noyé dans le bois, la tronçonneuse peut être brusquement attirée vers le tronc. Pour éviter ce phénomène, toujours fermement appliquer la griffe contre le bois à couper.

Toujours travailler avec la griffe, faute de quoi la tronçonneuse peut tirer la personne vers l'avant. Par conséquent, toujours fermement appliquer la griffe contre le bois !

Contrecoup

Si lorsqu'on coupe avec le côté supérieur du guide-chaîne – coupe par le dessous – la chaîne coince ou touche un corps étranger noyé dans le bois, la tronçonneuse peut être repoussée brusquement en direction de l'utilisateur.

Coupe de séparation simple

Le bois sans tension peut être scié au moyen de la coupe de séparation simple.

- Attaquer la coupe en accélérant à pleins gaz et en utilisant si possible toute la longueur de coupe et en se positionnant le plus près possible de l'objet.
- Exécuter la coupe par le haut sans exercer une trop forte pression sur la tronçonneuse.
- À la fin de la coupe, le guide-chaîne ne peut plus s'appuyer sur la coupe et l'utilisateur doit à nouveau supporter l'entier du poids de la tronçonneuse.

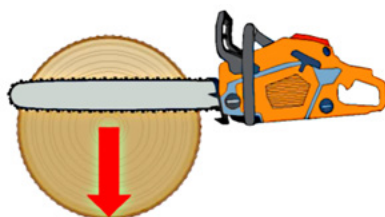


Fig.20 : Coupe de séparation simple
(Agence provinciale des domaines de l'État –
Province autonome de Bolzano)

Coupe en mortaise

Cette technique peut s'avérer utile dans différentes opérations et présente un risque comparativement faible si elle est appliquée correctement. Pour limiter les risques de rebond, la technique et l'exécution correctes sont toutefois cruciales.



Fig.21 : Étapes pour réaliser une coupe en mortaise – Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG)

- Position stable et chaîne aiguisée correctement.
- Attaquer le bois avec le côté inférieur du guide-chaîne et poursuivre la coupe jusqu'à ce que le nez du guide-chaîne soit enfoncé entièrement dans le bois. Pour cela, scier à pleins gaz avec la partie inférieure de la tête du guide-chaîne.
- Former une rainure avec la partie inférieure du guide-chaîne en veillant à ce que la chaîne ne sorte pas de la coupe et ne dévie pas.
- Faire pivoter la tronçonneuse dans la position de coupe en mortaise et exécuter la coupe.

Coupe circulaire

Cette technique convient à la coupe de bois soumis à des tensions faibles ou moyennes.

- Toujours commencer du côté de la zone de compression (C).
- Ensuite couper des deux côtés pour briser la fibre
- Terminer la coupe du côté opposé à la première – dans la zone de tension (T) – scier le tronc de part en part.

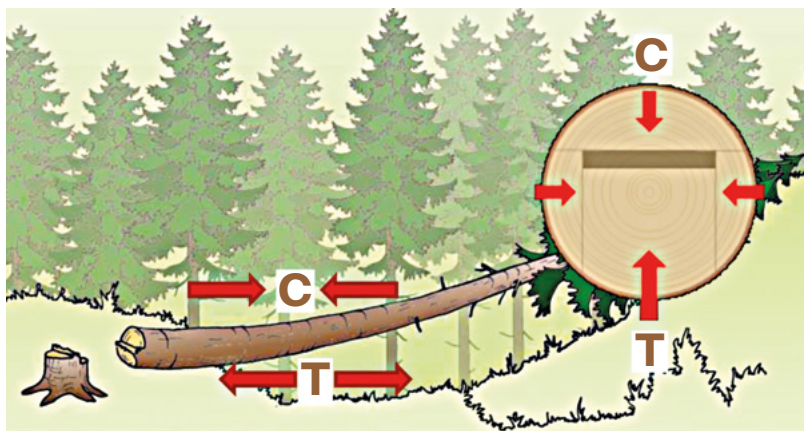


Fig. 22 : Coupe circulaire (Agence provinciale des domaines de l'État – Province autonome de Bolzano)

Travaux forestiers à la tronçonneuse

Coupe en encoches

Dans le bois affaibli et soumis à de fortes tensions.

- Scier dans la zone de compression (C) une petite entaille d'un rapport profondeur – largeur = 1.
- Agrandir ensuite l'entaille à l'aide de tailles parallèles successives.
- Continuer à l'agrandir jusqu'à ce que le bois casse.

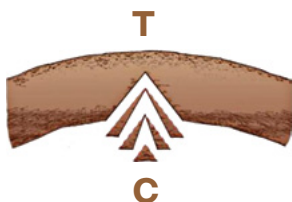


Fig. 23 : Coupe progressive
(Agence provinciale des domaines de l'État –
Province autonome de Bolzano)

Taille coincée

Pour des billes et des troncs soumis à une tension moyenne à élevée.

- Commencer par scier dans la zone de compression en maintenant la tronçonneuse droite.

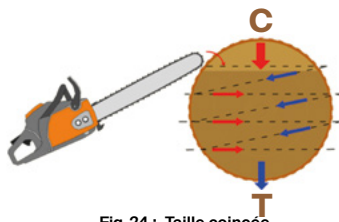


Fig. 24 : Taille coincée
(Agence provinciale des domaines de l'État –
Province autonome de Bolzano)

- Retirer le guide-chaîne dès que la taille se referme.
- Réintroduire le guide-chaîne dans la taille existante et l'agrandir en retirant le guide-chaîne. Répéter le processus.
- Sur la dernière partie (env. $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{4}$ du diamètre), quand la partie supérieure de la taille s'est entièrement refermée, terminer la taille.

Coupe de débitage à l'aide d'une coupe oblique

Utilisée par exemple pour du bois enchevêtré ou sous fortes tensions.

- Scier le tronc de bois sur les $\frac{3}{4}$ du diamètre au minimum.
- Effectuer une coupe rectiligne formant un angle de 45° environ par rapport à la première coupe (sur la gauche ou la droite selon la situation).
- La coupe en oblique doit toucher la première coupe ou la traverser.

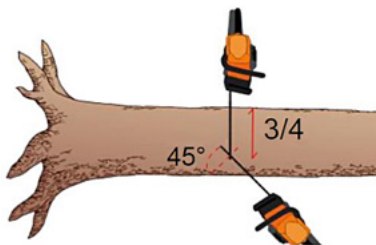


Fig. 25 : Coupe de débitage à l'aide d'une coupe oblique
(Agence provinciale des domaines de l'État –
Province autonome de Bolzano)

Ébranchage

Il existe de nombreuses méthodes pour ébrancher les arbres. Les points suivants doivent toutefois toujours être respectés pour assurer un travail en sécurité :

Sécurité :

- Évaluer la réaction de l'arbre.
- Comment la tête du guide-chaîne se comporte-t-elle ?
Où se trouve-t-elle ? (Le risque de rebond est très élevé lors de l'ébranchage.)
- Ne jamais scier avec la tête du guide-chaîne.
- Travailler des racines à la couronne.

Position :

- Se tenir à la gauche du tronc par rapport à la direction du regard.
- En cas de danger, se placer du côté le plus sûr.
- Adopter une position stable, écarter les pieds et veiller à ce que les jambes restent derrière la poignée tubulaire.
- Ne pas utiliser la tronçonneuse au-dessus de la hauteur d'épaules.
- Profiter des propriétés de l'arbre, « poser » la tronçonneuse sur le tronc pour reposer le dos.

Maniement de la tronçonneuse :

- Travailler de manière dynamique, calme et réfléchi à la fois.
- Tenir fermement la poignée tubulaire en l'entourant du pouce.
- Poser la tronçonneuse sur le tronc.
- Utiliser la fonction de pivot de la tronçonneuse.
- Pendant les déplacements, porter la tronçonneuse de sorte que le guide-chaîne soit de l'autre côté du tronc (sécurité accrue).

Position :

- Ménager le dos et prendre appui contre le tronc avec les jambes.
- Pour travailler correctement sur le plan de l'ergonomie, poser la tronçonneuse sur le tronc pendant l'ébranchage.

Qualité du travail :

- Ebranchage à l'état d'écorce (exigé uniquement pour le bois de construction)

Remarques :

- Appliquer des techniques spécifiques pour le bois couché.
- Bois jusqu'à hauteur d'épaule : utiliser la technique d'ébranchage à la verticale.

Méthodes d'ébranchage

Épineux – Méthode nordique

Étape 1

- Poser la scie sur le tronc et scier de bas en haut avec le dessus du plateau.
- Appuyer la jambe droite contre le tronc (meilleur équilibre).

Étape 2

- Poser le guide-chaîne sur le tronc et scier avec le dessus du plateau
- Appuyer la jambe droite contre le capot de la tronçonneuse.

Étape 3

- Utiliser le dessous du plateau pour scier la branche.
- Répartir le poids de la tronçonneuse entre le tronc et la jambe droite.

Étape 4

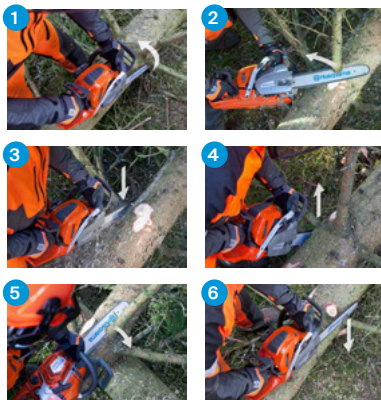
- Scier avec le dessus du plateau

Étape 5

- Poser le guide-chaîne sur le tronc.
- Scier avec le dessus du plateau
- Actionner la gâchette de l'accélérateur avec le pouce.

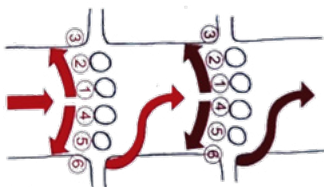
Étape 6

- Appuyer le guide-chaîne sur le tronc.
- Scier avec le dessous du plateau
- Recommencer à partir de l'étape 1.

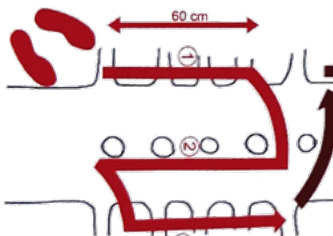


Branches trop éloignées les unes des autres: Lorsque la distance entre les branches est trop importante pour appliquer la méthode dans sa globalité, recommencer à l'étape 1 directement après l'étape 3.

Branches lourdes – Technique du pendule



De nombreuses petites branches – Technique du levier ou « Z »



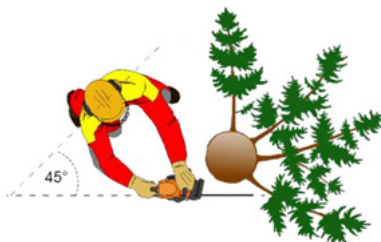
Feuillus – Ébranchage de feuillus

Les feuillus ne permettent pas un ébranchage systématique, leurs branches sont réparties le long du tronc de manière irrégulière, elles sont plus lourdes que celles des résineux et présentent des épaisseurs variées. Il faut par conséquent adapter la technique à chaque branche et évaluer au préalable les mouvements du tronc et des branches provoqués par les coupes de débitage.



- Pour l'ébranchage de feuillus, toujours travailler de l'intérieur vers l'extérieur.
- Observer en permanence la réaction de l'arbre.
- Commencer de préférence avec les branches gênantes.
- Il est possible de réduire la tension des branches lourdes et longues en les raccourcissant depuis l'extérieur.
- Séparer les branches entièrement du tronc uniquement à la fin.

Résineux et bois affaibli – Ebranchage à la verticale jusqu'à hauteur d'épaule



- Toujours tenir la tronçonneuse en biais par rapport à la direction du corps.
- Protection entre le corps et le guide-chaîne à l'aide du tronc.
- Ne jamais utiliser la tronçonneuse au-dessus de la hauteur d'épaules.

Sources : Husqvarna, Forêt Suisse
(Agence provinciale des domaines de l'État –
Province autonome de Bolzano)

Utilisation d'un tire-câble

Le tire-câble manuel est un outil précieux et indispensable pour travailler en forêt ou pour manipuler de gros troncs d'arbres et du bois de construction. Il devrait toujours faire partie de l'équipement pour les travaux forestiers. Les utilisations les plus importantes sont expliquées ci-dessous, les travaux d'abattage ne sont pas pris en compte.

Sécuriser des troncs d'arbres

Le tire-câble permet de sécuriser un tronc d'arbre en l'empêchant de rouler, de glisser ou d'être projeté. Cela assure en même temps la protection de la personne qui effectue le travail. La méthode la plus sûre consiste à accrocher une chaîne forestière ou de débardage en étrangleant le tronc. Les maillons de la chaîne sont ainsi pressés dans le bois et la chaîne est fixée solidement. Elle ne peut plus se déplacer ou glisser le long du tronc. Le tire-câble doit être fixé à un point d'ancrage suffisamment dimensionné puis mis en tension jusqu'à ce que le câble d'acier soit complètement tendu. Le dispositif de sécurité du câble doit être monté de manière à ce que le tronc ne puisse pas se déplacer vers la personne qui travaille.

Retourner des troncs

Si un tronc ne peut pas être retourné avec les outils fournis, tels que le tourne-bois ou la sapie, on utilise le tire-câble. Le tronc qui doit être retourné est pour ainsi dire transformé en poulie mobile. La procédure est la suivante:

- Installer le câble au niveau du centre de gravité du tronc.
- Enrouler le câble plusieurs fois autour du tronc en veillant à ce qu'il ne se chevauche pas (risque d'écraser le câble), sauf au dernier tour. En effet, pour fixer l'extrémité du câble, il faut le coincer sous le dernier tour de corde.
- Installer le tire-câble et retourner le tronc.

Attention aux troncs d'arbre qui roulent ! Actionner le tire-câble uniquement depuis un emplacement sûr !

Retourner un tronc couché de manière directe

- Distance parcourue du câble au tire-câble 100 cm
- Distance parcourue du tronc 50 cm



Fig.26 : Retourner un tronc couché de manière directe (ForêtSuisse)

Retourner un tronc couché avec un palan Q2

- Distance parcourue du câble au tire-câble 100 cm
- Distance parcourue du tronc 25 cm

Soulever des troncs



Fig. 27 : Retourner un tronc couché avec un palan Q2
(ForêtSuisse)

La méthode simple présentée ci-après permet notamment de libérer une personne coincée sous un tronc d'arbre.

Les points suivants doivent être respectés :

- Faire préalablement une analyse de la situation et identifier les dangers.
- Sécuriser le tronc en enfonçant des cales sous celui-ci.
- Soulever le tronc en le faisant passer par-dessus le rondin (ou élément semblable) préparé à cet effet.

Installer le tire-câble et le rondin sur le côté opposé à la personne blessée !

Sur des terrains en pente, fixer le câble en formant un V décalé vers le haut, pour éviter un glissement.

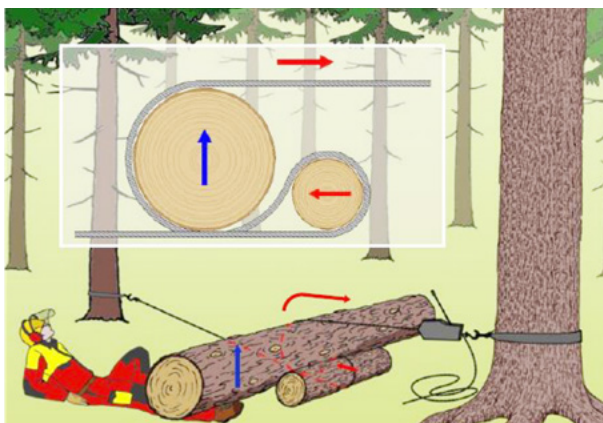


Fig. 28 : Soulever un tronc à l'aide d'un tire-câble
(Agence provinciale des domaines de l'État - Province autonome de Bolzano)

Poulies

Les charges admissibles (charge maximale d'utilisation) de tous les moyens auxiliaires utilisés pour travailler avec le tire-câble manuel, tels que les poulies, les manilles, les chaînes de débardage, les élingues rondes, etc., doivent être adaptés à sa force de traction. Il faut garder à l'esprit que les poulies de renvoi, selon le guide de corde, peuvent supporter une charge correspondant au double de la force ou davantage encore (effet de palan). Les instructions du fabricant doivent par conséquent toujours être respectées. La charge maximale pour la plupart des moyens auxiliaires est inscrite sur le produit sous la désignation WLL (Working Load Limit).

Remarque : La poulie orange de 6 t (60 kN) en alliage d'aluminium est équipée d'un palier lisse et ne doit donc pas être utilisée pour les câbles à grande vitesse (par exemple les treuils à débardage lourds).



Fig.29 : Poulie 60 kN (Jakob AG)

Treuils (treuils à cabestan)

Les treuils à cabestan à moteur sont utilisés pour tirer des charges.

L'équipement est particulièrement léger et peut être transporté à pied sur de longues distances en terrain difficile. Le frein de câble garantit un degré de sécurité élevé. Dès que la personne qui l'utilise relâche la corde, le treuil s'arrête et la corde est bloquée dans le frein. Cela permet d'éviter que la charge ne recule involontairement et de l'abaisser de manière ciblée.

Remarque : Les treuils ne possèdent pas d'arrêt de fin de course ou de butée de fin de course mécanique. Par conséquent, le processus de traction doit être arrêté manuellement avant que l'extrémité de la corde n'atteigne le cabestan et que les accessoires qui y sont attachés ne puissent endommager le dispositif.

Les treuils à cabestan sont très puissants et polyvalents, raison pour laquelle leur utilisation peut s'avérer dangereuse. Il convient donc de travailler avec la prudence et le soin requis.

En outre, ils doivent toujours être utilisés conformément aux prescriptions du fabricant et au mode d'emploi. La fonctionnalité et la sécurité du cabestan et de la corde doivent être vérifiées régulièrement. Il est préférable d'effectuer un test visuel et de fonction avant chaque



Fig. 30 : Installation du treuil (Eder Maschinenbau GmbH)

utilisation afin de s'assurer que l'équipement est en bon état. De plus, un contrôle minutieux doit être réalisé chaque année conformément au carnet de contrôle et documenté par un procès-verbal joint au carnet.

Zone de danger

Selon les prescriptions de sécurité, seules les personnes maniant le treuil peuvent se tenir dans la zone de bondissement des câbles. Lorsque des câbles de traction sont déviés, il est strictement interdit de se tenir à l'intérieur de l'angle formé par ces derniers.

Explications concernant la zone de bondissement: Tous les câbles (y compris les câbles qui semblent statiques, comme les câbles métalliques ou les cordes en Dyneema, Kevlar) se comportent de manière élastique lorsqu'ils sont sous charge. Ils se tendent alors comme un ressort et stockent l'énergie. Si un élément tel que l'ancrage, le câble ou un connecteur cède, cette énergie est libérée brusquement.

En présence de forces de traction importantes, les câbles ou les éléments d'ancrage peuvent être projetés sur de longues distances et provoquer des blessures graves. Pour simplifier, la zone de bondissement peut être définie comme la zone circulaire autour de chaque point d'ancrage. Le rayon correspond à la section de câble la plus longue. La distance de sécurité pour les personnes correspond à 1,5 fois le rayon. Dans le cas de rayons différents, le calcul est effectué sur la base du plus grand rayon ou de la plus grande longueur de câble.

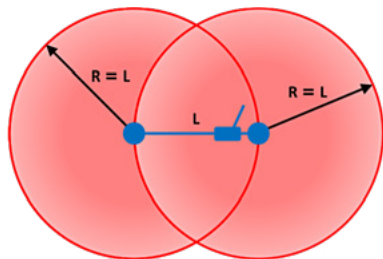


Fig. 31 : Zone de bondissement d'un tire-câble

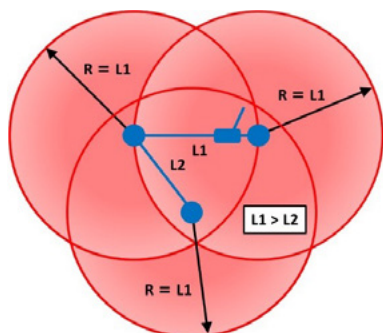


Fig. 32 : Zone de bondissement d'un tire-câble avec déviation

Travaux forestiers à la tronçonneuse

La zone la plus dangereuse est l'angle intérieur du câble. Selon la situation et l'utilisation du tire-câble, le point de renvoi doit supporter le double de la force de traction. L'énergie de projection en cas de défaillance du point de renvoi est d'autant plus importante que, si celui-ci cède, l'intensité de la force centrifuge est proportionnelle à cette force de traction. En d'autres termes, la poulie peut se transformer en un projectile en quelques fractions de seconde. Un point d'ancrage qui cède et un câble libéré de

son attache agissent comme une débroussailleuse géante, qui fauche tout à une hauteur donnée (y compris les personnes). C'est pour cette raison qu'il est strictement interdit de se tenir à l'intérieur du triangle formé par le câble tendu, autrement dit dans l'angle intérieur du câble.

Lorsque le câble est tendu, personne ne doit se trouver dans l'angle intérieur du câble (triangle formé par le câble)!

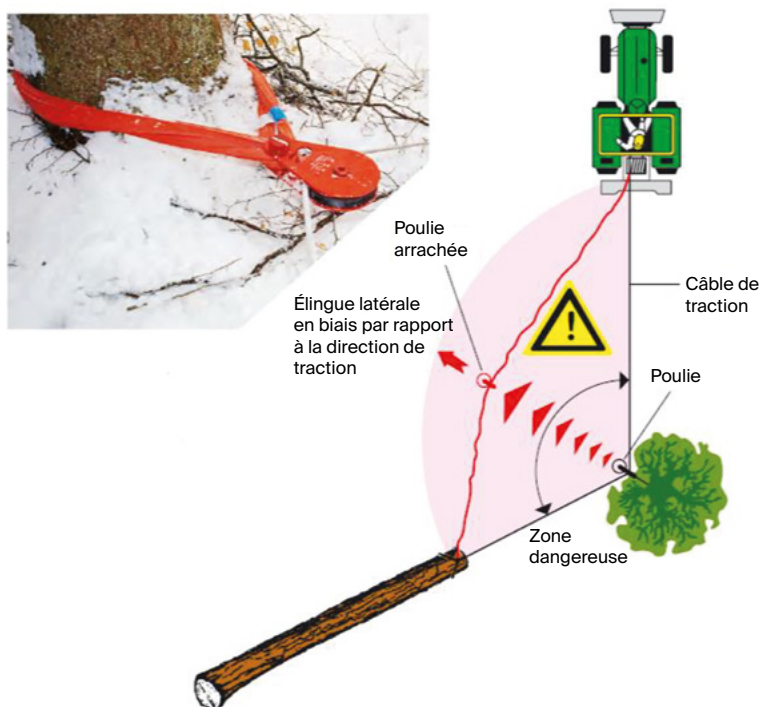


Fig.33 : Zone de danger dans l'angle intérieur du câble

Utilisation de l'outillage



Fig. 34 : Outillage (SUVA)

Hache

Les haches ne sont pas seulement utilisées pour l'abattage des arbres mais permettent également de travailler et de débiter le bois. Pour manier une hache, le manche doit être entouré des deux mains. Celui d'une hache est deux fois plus long que celui d'une hachette. La hache est soulevée puis abaissée avec élan pour augmenter l'effet de force.

La hache d'abattage représente un type de hache particulier. Cet outil fend le bois perpendiculairement à ses fibres, la direction de frappe est horizontale. Le tranchant des haches d'abattage doit donc être plus aiguisé que celui des haches à fendre. Lorsque l'on abat un arbre à l'aide d'une hache, il faut d'abord réaliser une entaille dans le tronc du côté de la direction de chute. Pour suivre le travail d'abattage avec la hache de l'autre côté du tronc jusqu'à ce qu'il tombe. Abattre un arbre avec une hache permet d'éviter le bruit provoqué par une tronçonneuse. L'utilisation de cette dernière n'est en outre pas sans risque pour le profane. Lorsque l'on doit juste abattre un arbre de petite taille, il est donc préférable d'opter pour la hache d'abattage.

Sur le plan de la sécurité, il convient d'observer les points suivants :

- La tête de la hache est-elle fissurée ou cassée?
- Le manche est-il bien fixé?
- Le coin est-il bien en place?
- Le manche est-il cassé ou fissuré?
- Le manche est-il déformé?
- La hache est-elle encore bien affûtée, droite et entière?
- La hache est-elle rouillée?

Serpe

Elle se présente comme un prolongement du bras pour tirer des troncs légers ou pour soulever et porter de manière ergonomique des billes de bois mesurant jusqu'à un mètre de long environ. C'est également un outil idéal pour couper des buissons, des jeunes pousses d'arbres ou des branches de taille petite à moyenne dans des zones spéciales qui doivent rester dégagées. La serpe permet en outre d'éliminer des branches qui pourraient se casser. La lame est en acier et devrait être affûtée régulièrement. Si la serpe est idéale pour couper des branches, elle permet aussi d'abattre des arbres jusqu'à un diamètre de 10 cm. Dans ce cas, il convient de veiller à travailler en tenant l'outil loin du corps et de faire en sorte que la serpe finisse sa trajectoire à côté d'une jambe ou entre les deux. Il faut éviter dans tous les cas que la serpe ne puisse glisser et toucher le corps, car cela entraînerait des blessures graves.

Mètre à pointes

Cet outil convient parfaitement pour mesurer rapidement le bois de construction ou de chauffage.

Ruban à mesurer

Le ruban est utilisé pour mesurer la longueur des bois d'industrie. Son extrémité peut être fixée à l'aide d'un poinçon et les mesures peuvent être inscrites directement sur le bois.

Levier d'abattage

Cet outil permet d'abattre et de tourner le bois mince, de tourner et retourner des troncs et de libérer des arbres encroués. Le levier d'abattage peut remplacer le tourne-bois et les coins. Il permet de diriger la chute d'un arbre lorsque le tronc est déjà entaillé. Cette manière de procéder est utilisée avant tout avec des résineux minces. Pour des arbres avec un diamètre jusqu'à 25 cm à hauteur de poitrine, un grand levier d'abattage peut remplacer un coin.

Tourne-bois

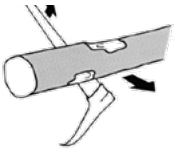
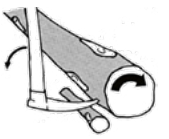
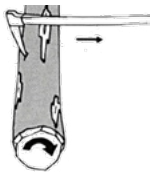
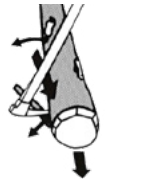
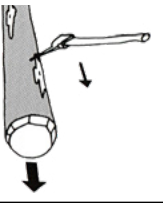
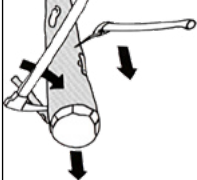
Comme son nom l'indique, le tourne-bois permet de tourner les troncs d'arbre.

- Enfoncer solidement le tourne-bois dans le tronc et s'assurer qu'il est bien fixé avant de tirer.
- Toujours manier l'outil en tirant dessus.
- Veiller à travailler avec un dos droit.
- Se tenir avec les jambes écartées, un pied placé en arrière pour éviter de tomber sur le dos si le tourne-bois glisse du tronc !

Sapie

Il existe différentes techniques pour utiliser une sapie. Il convient cependant de veiller à maintenir le dos droit pendant le travail et de se tenir proche du manche afin de pouvoir profiter chaque fois que c'est possible de l'effet de levier pour faciliter le travail. Les différentes techniques de travail sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Travaux forestiers à la tronçonneuse

Utilisation	Explication	Illustration
Piquer avec la pointe en tête de grume	Pour tirer un tronc vers soi, enfoncer la sapie dans la tête de grume. Avec l'outil, viser le centre de gravité afin d'éviter que le tronc ne se retourne.	
Bras de levier avec le manche	Pour soulever et pousser un tronc ou le faire rouler, glisser la sapie sous le tronc, pointe en aval afin d'éviter qu'elle ne glisse.	
Bras de levier avec la ferrure	Retourner le tronc en enfonçant la pointe de la sapie à l'endroit où le tronc touche le sol. La sapie doit être placée en amont.	
Piquer avec la pointe le long de la grume	Enfoncer la pointe de la sapie dans la partie supérieure du tronc, vérifier qu'elle tient solidement et tirer l'outil vers soi pour retourner le tronc.	
Effet de levier	Progresser par portion. Chercher un emplacement adéquat dans le tiers avant du tronc et enfoncer la pointe de la sapie en formant un angle de 45° par rapport au tronc. En utilisant l'effet de levier, le tronc se déplace vers l'avant en plusieurs étapes.	
Tirer	Enfoncer la pointe de la sapie dans le tiers avant du tronc. Tirer le tronc en marchant à côté afin de le guider si nécessaire.	
Tirer et effet de levier	Travail d'équipe, une personne fait levier et l'autre tire l'arbre. Si le tronc est trop lourd, les deux personnes font levier, chacune d'un côté du tronc. Établir une communication claire (commandements) pour travailler de manière synchronisée.	

Tab. 2 : Utilisations

Fendre le bois

Les coins de fendage permettent de diviser des bûches longues, d'un grand diamètre et présentant beaucoup de nœuds. Ils sont utilisés plus particulièrement pour des troncs d'un mètre dans lesquels ils sont enfoncés à l'aide d'une masse. Pour des troncs d'un certain diamètre, il faut veiller à ce que les coins soient suffisamment longs. À défaut, le coin peut disparaître dans le bois sans le diviser. Dans ce cas, faire pénétrer un deuxième coin avec un léger décalage. Il est conseillé d'avoir toujours un coin de rechange à portée de main. Les coins de fendage sont fabriqués en acier ou en aluminium. Seuls les coins en aluminium peuvent être utilisés pour le fendage ou l'abattage. Les coins en plastique ne conviennent pas, le tranchant est trop tendre.



Fig. 35 : Fendre le bois avec un coin de fendage

Les coins éclateurs vrillés se distinguent des autres coins de fendage par une rotation de 30° à 90° entre le tranchant et la surface de frappe. Grâce à la grande surface de frappe, le bois s'ouvre davantage lorsque le coin est enfoncé.

Fendre le bois et enfoncer des coins en utilisant une masse

Le merlin est le plus souvent utilisé pour fendre le bois avec le côté tranchant et éclater ainsi efficacement des troncs d'un certain diamètre. Le merlin permet aussi d'enfoncer des coins et il peut remplacer une masse grâce au côté plat de la tête de l'outil. Selon le type de bois et ses propriétés, on peut utiliser le merlin pour éclater des troncs d'un mètre de long, ce qui est impossible avec une hache classique. En théorie, le merlin remplace les tronçonneuses et les autres moyens de fendre le bois à la taille souhaitée.

Plus le bois est frais, plus l'utilisation du marteau de fendage est facile et efficace. Il convient donc parfaitement lorsque le bois est fendu directement après l'abattage de l'arbre. Il est par contre moins indiqué pour le bois qui a été entreposé.

Cet outil peut aussi être employé pour couper des branches ou enfoncer des coins lors de l'abattage des arbres ou de la production de bois de chauffage.

Technique de fendage

Étape 1 : Les billes de plus d'un mètre peuvent être fendues en les plaçant verticalement ou horizontalement. Si on les place verticalement, la zone de frappe idéale est plus visible et la personne peut se placer du bon côté, ce qui est plus confortable que de placer le bois à l'horizontale dans la bonne position. Le bois est placé dans le sens de la croissance et fendu de l'extrémité la plus fine vers l'extrémité la plus épaisse.

Étape 2 : Adopter une position stable, jambes écartées, et se tenir à une distance suffisante de la bille. De cette manière, si la hache rate sa cible, elle finit sa course entre les jambes. Si l'on fend des billes placées horizontalement, il faut veiller à maintenir un espace suffisant entre le tronc et les pieds : ne pas se placer jambes écartées au-dessus du tronc mais sur un côté du tronc. Le dos doit rester droit et le haut du corps légèrement penché en avant. Saisir la hache ou le marteau à fendre avec les deux mains, l'une tenant l'extrémité du manche et l'autre placée sur le manche, légèrement en dessous de la tête de l'outil.

Étape 3 : Si le bois est difficile à fendre, commencer par enlever les parties extérieures du tronc. Soulever l'outil au-dessus de la tête et viser le bois. Pour cela, la main inférieure accélère le mouvement et la main supérieure le guide et s'éloigne de la tête de l'outil pour s'arrêter juste au-dessus de la main inférieure. Si le bois est facile à fendre, on peut tout de suite viser le centre. Avec du bois plus difficile à fendre, il est recommandé de viser un endroit près du bord. Le tranchant devrait dépasser légèrement de l'écorce du côté de la bille qui fait face à la personne maniant l'outil. Enfoncer la hache, le marteau à fendre ou le coin parallèlement au fil du bois. La tâche est particulièrement facile si l'on peut utiliser une fissure. Par contre, ne jamais viser un nœud.

Les billes d'un diamètre important ne peuvent pas être fendues par le milieu. Il faut commencer par ôter l'aubier de chaque côté du bois avant de viser le centre.



Fig.36 : Commencer par retirer les bords extérieurs du bois difficile à fendre (Philip Seemann)

Étape 4 : Répéter l'opération. Il faut parfois s'y reprendre à plusieurs reprises. Si la tête de la hache reste coincée dans le bois, il ne faut jamais pousser le manche de côté. Ce sont ces forces latérales agissant sur la tête de l'outil qui vont la faire bouger. Pour dégager la hache, presser le manche alternativement vers le haut et le bas. Cela permet de retirer la hache assez facilement. Continuer de fendre le bois en suivant la fissure existante.

Travaux de débardage

Les travaux de débardage font partie du processus de récolte de bois et comportent de grands dangers. Ils impliquent l'utilisation de machines telles que les tracteurs forestiers ou de débardage, des tracteurs à pinces ou encore des grues forestières.

Le déplacement de gros troncs ou l'utilisation d'engins lourds sont strictement réservés au personnel qualifié !

Le treuil est un outil important pour les travaux forestiers et les opérations d'abattage. Les travaux de débardage ne devraient pas être réalisés sans l'aide d'un treuil à moteur. Le treuil utilisé doit être en parfait état de fonctionnement et correspondre à l'état actuel de la technique. De même, tous les équipements auxiliaires tels que les câbles métalliques, les poulies, les chaînes et les câbles de remorquage ne peuvent être utilisés que s'ils sont en parfait état. Les valeurs de charge maximale indiquées par le fabricant doivent être respectées. Les chaînes ordinaires sont extrêmement dangereuses pour les travaux de débardage. Il convient d'utiliser soit des câbles métalliques, soit des chaînes de débardage homologuées.



Fig.37 : Les travaux de débardage nécessitent l'emploi de chaînes de débardage et de câbles (woodpower.company).

Avant de commencer les travaux, les personnes participant au débardage, au treuillage ou au transport doivent convenir du déroulement des travaux et d'un langage gestuel ou radio clair. Il faut éviter autant que possible de rouler en forêt avec des engins lourds afin de ne pas compacter le sol ou de créer d'autres dégâts par le débardage. Pour cette raison, les troncs doivent être treuillés vers les voies de débardage, qui ont été spécialement créées à cet effet. Il est interdit de se tenir dans la zone de danger des charges, des grues, des engins de débardage, des câbles tendus ou en mouvement et à l'intérieur des angles des câbles. Lors de travaux de treuillage avec le tracteur forestier, la position de ce dernier ne doit pas

s'écarter fortement du sens de traction. Lors des travaux avec un tire-câble sur un terrain en pente, le câble de traction doit être dévié vers le haut. Ne jamais faire frotter le câble en mouvement (risque de rupture du câble).

Si le câble de traction traverse des routes, les points de passage doivent être signalés ou délimités par un obstacle bien visible. Si nécessaire, il convient de faire appel à des assistants.

Lors d'interruptions de travail longues (à midi et la nuit), le câble doit être enlevé afin qu'il ne constitue pas un obstacle pour les usagers de la route. L'accès doit être interdit aux tiers.

Ouvrages en bois

Prescriptions de sécurité

Extrait des Directives de l'Office fédéral de la protection de la population concernant les prescriptions de sécurité dans la protection civile du 1^{er} mars 2020.

Section 6: Construction d'ouvrages

Art. 47

Lors de la planification, de la construction, de la remise en état et du démontage d'ouvrages utilisés par des tiers ou accessibles au public, il convient de respecter les règles de construction reconnues et le droit en vigueur.

Commentaire :

Article 47 Construction d'ouvrages

Afin de remplir sa mission en cas de catastrophe et de sauvetage, la protection civile est souvent contrainte à travailler avec des constructions auxiliaires simples et provisoires. Au contraire, les ouvrages sont des constructions, installations ou modifications de terrain usuelles et fixes prévues pour une utilisation de longue durée (p. ex. bâtiments, aménagements des lits de cours d'eau et des talus, chemins, routes, ponts ou digues). Les ouvrages doivent remplir leur fonction de façon sûre, le plus souvent durant des années. On entend par « règles de construction reconnues » des règles techniques reconnues au plan scientifique et ayant fait leurs preuves selon la majorité des professionnels.

Ces règles figurent par exemple dans les normes des associations professionnelles (normes SIA) et les prescriptions des autorités.

Le bois utilisé comme matériau de construction

Avantages

Il s'agit d'un matériau renouvelable et indigène, généralement disponible à proximité du chantier ou facile à obtenir. Certains de ses avantages les plus importants sont énumérés ci-dessous (liste non exhaustive) :

- Construction rapide d'ouvrages avec des moyens simples
- Bonne intégration au terrain environnant
- Matériau de construction léger, qui n'entraîne que de faibles charges supplémentaires sur le sol de la construction
- Ouvrages immédiatement chargeables une fois la construction achevée
- Résistance élevée
- Utilisation facile
- Les aménagements en bois sont relativement insensibles aux tassements
- Construction économiquement rentable
- Acceptation élevée en ce qui concerne le paysage
- Combinaison possible avec des pierres et ancrage avec des câbles

Il convient de noter encore que si les ouvrages de protection en bois peuvent être réalisés à partir de structures simples, leur réalisation est néanmoins accessible au personnel de milice uniquement sous réserves. Nous recommandons par conséquent vivement de faire appel à des spécialistes qualifiés.

Faire appel à des spécialistes expérimentés lors de la planification et de la réalisation de projets de construction !

En raison des avantages évoqués ci-dessus, les aménagements ou ouvrages en bois s'inscrivent parfaitement dans le cadre de mesures urgentes et peuvent être réalisés rapidement avec une planification initiale appropriée.

Inconvénients

Le bois étant un produit naturel, son utilisation pour la construction d'ouvrages présente bien entendu aussi des inconvénients :

- Durée de vie limitée (de 20 à 80 ans env.)
- Besoins d'entretien accrus par rapport aux ouvrages en béton
- Peu approprié pour la construction d'endiguement de cours d'eau dont le débit n'est pas permanent ou dont le débit de charriage est élevé.

- Peu approprié pour la construction de caissons en bois qui ne peuvent pas être entièrement recouverts ou qui ne peuvent pas être stabilisés par des plantations.
- Les armatures en bois sont difficiles à réaliser sur des pentes rocheuses et sont par ailleurs peu adaptées à ce contexte.

Durée de vie

Les essences indigènes suisses présentent des degrés de résistance différents à la pourriture et ne conviennent donc pas toutes de la même manière à la construction d'ouvrages. Bien entendu, les aspects économiques jouent également un rôle important, c'est pourquoi les essences chères telles que le cerisier ou le noyer ne sont pas prises en considération lorsqu'il s'agit de réaliser des ouvrages ou des aménagements en bois.

La durabilité peut être prolongée en maintenant le bois sec ou au contraire en l'humidifiant en permanence ou en le recouvrant lors de l'entreposage. C'est le cas du bois d'épicéa ou de sapin, qui est souvent utilisé pour des ouvrages de protection.

Essence	Bois d'if	Châtaignier Chêne Robinier	Mélèze Sapin de Douglas Pin	Épicéa Sapin Frêne Orme Peuplier	Aulne Hêtre Charme Bouleau Érable Saule
Durée de vie	> 25 ans	15 à 25 ans	10 à 15 ans	5 à 10 ans	< 5 ans

Tab. 3 : Durabilité des différentes essences (selon Findlay et Bosshard)



Fig. 38 : Stockage humide, ouvrage recouvert de terre ou par de la végétation

Écorçage : il existe différents points de vue et avis d'experts concernant l'influence de l'écorçage sur la durabilité du bois. De nos jours, l'aspect économique joue un rôle important lors de la réalisation d'ouvrages et on renonce souvent à un écorçage complet. De plus, les troncs écorcés deviennent très glissants lorsqu'ils sont mouillés par la pluie ou l'humidité ambiante, et il devient malaisé de se déplacer sur leur surface (sécurité au travail). Les arguments en faveur d'un écorçage sont : une meilleure précision dans la réalisation des assemblages et une certaine protection contre les dégâts causés par les insectes.

Pour établir un compromis entre une diminution des coûts et la garantie de la sécurité au travail, nous proposons la solution suivante :

- **Priorité 1 :** Écorcer uniquement les points d'assemblage pour obtenir une meilleure précision.
- **Priorité 2 :** Écorçage facultatif de toutes les autres parties en bois exposés à l'air libre
- **Priorité 3 :** Lorsque cela est nécessaire, procéder à un écorçage manuel sur le chantier, car l'écorçage mécanique blesse le bois et celui-ci pourrit plus rapidement.

Génie biologique

Le génie biologique favorise le recours à des techniques utilisant des végétaux vivants pour stabiliser des sols érodés. On parle notamment de stabilisations ou de reconstitutions végétales. Il est très important de choisir les plantes appropriées afin d'obtenir un horizon racinaire étagé grâce aux différentes profondeurs des racines. La disparition d'une des espèces végétales utilisées n'affecterait que peu la structure globale de l'ouvrage car d'autres plantes continueraient d'assurer la stabilisation du sol grâce à leurs racines. La végétalisation devrait permettre de :

- Protéger les couches supérieures (protection contre l'érosion)
- Consolider le sol par les racines des végétaux et stabiliser l'ouvrage
- Drainer le sol
- Ombrager les ouvrages en bois

Le choix des végétaux utilisés est primordial pour obtenir de bons résultats avec les mesures proposées par le génie biologique. Nous recommandons par conséquent vivement de faire appel à des spécialistes pour planifier, appuyer et finalement vérifier leur mise en œuvre. Lors du choix des végétaux, il convient de tenir compte notamment des exigences concernant leur emplacement et de leur aire de répartition. Certaines espèces végétales auront de la peine à prospérer au-delà de 1400 mètres d'altitude et ne survivront pas à partir de 1600 mètres. La reconstitution et la stabilisation végétales sont des mesures efficaces et peu coûteuses pour consolider des ouvrages ou des talus. Le réseau dense des racines stabilise le sol de manière mécanique et par son effet drainant. Contrairement aux aménagements réalisés avec de matériaux inertes, les reconstitutions et stabilisations végétales ont une durée de vie illimitée.

Il peut être utile de se familiariser avec ces techniques en consultant des ouvrages spécialisés, par exemple le *Manuel des constructions typiques* de l'Association pour le génie biologique (Zeh, 2007).

Mesurer les angles avec un double-mètre

Un certain nombre de double-mètres (pliants) disposent d'une graduation permettant de mesurer les angles. Elle se trouve la plupart du temps sur la face interne de la première branche. Tous les angles courants y sont marqués, il suffit donc de déplier la première branche jusqu'à la marque du trait et de former l'angle (avec la première et la deuxième branche).

L'échelle d'angles constitue une autre variante. On déplie pour cela les deux premières branches du double-mètre puis on forme un angle en dirigeant la première branche vers le double-mètre. On peut alors se référer au tableau où l'on trouve l'angle correspondant exprimé en degrés. Si l'on pose le pli avant le plus proche du double-mètre sur le marquage, la mesure de l'angle se trouve entre la première et la deuxième branche. Il est possible de fixer une échelle d'angles à un double-mètre courant.

95°	= 68,9 cm
90°	= 67,7 cm
85°	= 66,4 cm
80°	= 65,2 cm
75°	= 63,7 cm
70°	= 62,3 cm
65°	= 60,8 cm
60°	= 59,3 cm
55°	= 57,6 cm
50°	= 56,2 cm
45°	= 54,6 cm
40°	= 52,9 cm
35°	= 51,4 cm
30°	= 49,6 cm
25°	= 47,8 cm
20°	= 46,2 cm
15°	= 44,6 cm

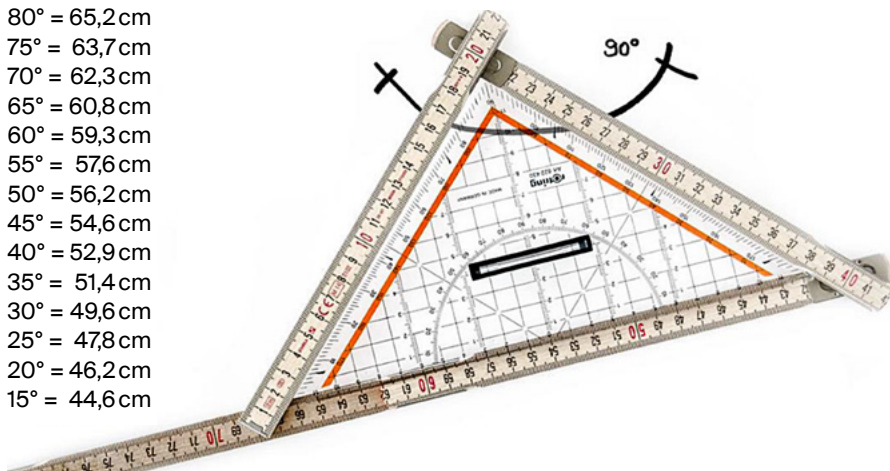


Fig. 39 : Mesurer un angle avec un double-mètre

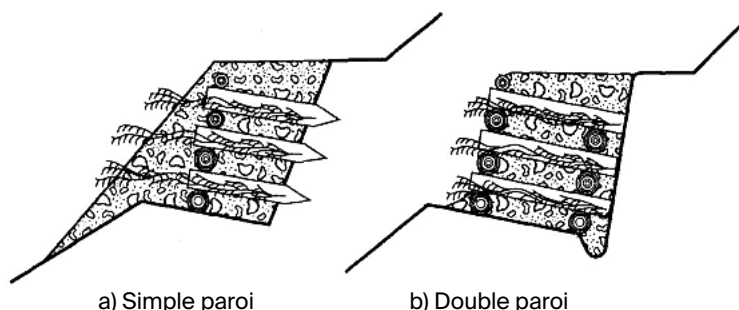


Fig. 40 : Principe d'un caisson à simple paroi (a) et double paroi (b) (OFROU)

Caissons en bois

Applications

Les caissons en bois stabilisent les terrains abrupts, ils permettent de consolider les aménagements de talus et de berges et de protéger les talus récents ou anciens. Les caissons rendent possible la réalisation rapide de constructions de soutènement de grand volume, relativement rigides mais pas indéformables (les gabions sont moins volumineux et moins rigides). La construction souple peut présenter des avantages dans un sol de fondation instable. Le matériau nécessaire est souvent présent à proximité.

Le caisson en bois est réalisé pour servir de système de renforcement. (Le terme de système de renforcement désigne des structures de soutien telles que les murs en pierre, les gabions, les ouvrages en béton ou béton armé, les ouvrages en bois.)

Matériaux, équipement et sécurité au travail

Le bois

- Bois ronds : résineux tels que mélèze, sapin, pin, épicéa; feuillus, éventuellement chêne ou châtaignier; le choix du bois dépend aussi de l'emplacement; également traverses de chemin de fer ou perches imprégnées (sauf pour les barrages en torrent).
- Diamètre : de 20 à 40 cm (bois transversaux ou longitudinaux); plus grands diamètres = plus longue durée de vie, mais mise en œuvre plus difficile.
- Écorcer uniquement les points d'assemblage et tout le bois laissé à l'air libre (limite le risque de glissement).
- Augmenter si possible la durabilité de l'ouvrage en le recouvrant de terre et en le végétalisant (stabilisation de pente) ou par humidité permanente.

Les clous

- Fers ronds / acier d'armature; non appointis (déviations des clous, risque de fente), coupés à angle droit; longueur = environ deux fois le diamètre du bois.
- Diamètre des clous : utiliser des diamètres de 14 à 18 mm environ. Les clous fins peuvent être enfoncés à la masse dans le bois vert, dans les autres cas, préparer les trous à la perceuse; diamètre de perçage: 1 à 2 mm de moins que celui des clous, pour l'acier d'armature nervuré, le même diamètre.
- Éventuellement clouer au marteau hydraulique ou pneumatique.

Matériaux de remplissage

- Utiliser le matériel d'excavation présent sur place (question de transport).
- Pierres sans matériau fin: aucun problème au niveau de la fuite de matériau, bon drainage.
- Si nécessaire, bien colmater les interstices avec du matériel fin; utiliser éventuellement des géotextiles.

Calages intermédiaires

- Pierres appropriées ou bois.

Drainage

- Matériaux drainant ou matériel de filtration ainsi que caniveaux en bois ou pvc pour évacuer l'eau (si nécessaire).

Outils et machines

- Niveau à bulle, double-mètre, mètre à ruban
- Haches, pelles, pioches, sapies
- Machine de chantier pour l'excavation et la mise en place des grumes avec des élingues ou des chaînes
- Tronçonneuses
- Treuils, câbles métalliques, éventuellement téléphériques
- Perceuse pour prépercer 1 mm de moins que les clous (surtout pour le bois sec).
- Compresseur (vérifier l'accessibilité) et marteau pneumatique ou hydraulique avec fleurets spéciaux évidés ; sinon, utiliser une masse.

Sécurité au travail

- Équipement de protection personnel (gants, casque, chaussures robustes).
- Se tenir à l'extérieur de la fouille pour tirer ou lever le bois.
- Rester éloigné de la zone de rotation de la pelle mécanique
- Respecter les consignes de sécurité pour le travail avec des cordages ou des câbles (ne jamais se tenir dans l'angle formé par les câbles).
- Adopter une position stable pour clouer; ne pas se tenir derrière la personne en train de clouer.
- Se tenir parallèlement à la structure du caisson en bois pour le remplissage (risque de glissement, aussi pour faciliter le compactage); installer éventuellement un échafaudage (en cas de pluie et si le bois est écorcé).



Caisson en bois à simple paroi

À la différence du caisson à double paroi, le caisson à simple paroi est construit sans les couches inférieures de bois longitudinaux (traverses ou grumes). Dans la mesure du possible, les caissons en bois devraient toujours être réalisés en combinaison avec des mesures du génie biologique (végétalisation) qui permettent de prolonger leur durabilité et de réduire l'entretien. Lorsqu'il existe des points d'ancrage solides (tirants en terrain meuble), il est possible de réaliser des ouvrages très hauts. Pour les caissons en bois à simple paroi qui ne disposent pas d'ancrage, il est recommandé de limiter la hauteur de l'ouvrage à l'équivalent de sa profondeur afin d'éviter tout basculement ou glissement. Ce type de caisson étant moins stable qu'un caisson à double paroi, il doit absolument être encasturé solidement dans la pente.

Caisson en bois à double paroi

Les caissons en bois à double paroi sont constitués de deux parois de bois longitudinaux (traverses) parallèles à la pente et reliées entre elles par des bois transversaux (entretoises). Ils sont souvent réalisés en combinaison avec des mesures du génie biologique (végétalisation). Exécutés correctement, ils peuvent facilement atteindre une hauteur de 4 mètres. Afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage, la largeur de la base devrait correspondre à la moitié de la hauteur au minimum. Lorsque cela n'est pas possible, il convient d'ancrer la structure vers l'arrière (tirants d'ancrage en rocher ou en terrain meuble).

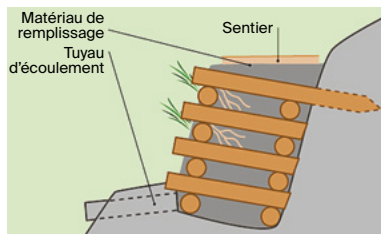


Fig. 41 : Caisson en bois à double paroi, pour la construction de sentiers (OFROU)

Les caissons en bois conviennent parfaitement pour construire des sentiers de randonnée et tout particulièrement pour stabiliser les sentiers en aval, car ils permettent ensuite la réalisation de chemins sur leur bord supérieur.

Planification

La planification et la réalisation de ce type d'ouvrages nécessitent la collaboration d'un spécialiste membre d'une organisation de protection civile. Les conditions particulières varient d'un projet à l'autre et il n'existe donc pas de solutions universelles applicables à la projection de mesures ou à la planification d'aménagements et d'ouvrages. Les processus et les mécanismes doivent être réévalués pour chaque nouveau projet. Les aspects suivants sont à analyser et à prendre en considération dans cette démarche :

- **Comment stabiliser la base du talus?** Il est inutile de stabiliser des talus si le fond continue d'être érodé par l'écoulement de l'eau. La structure de consolidation deviendrait instable et le terrain glisserait (à nouveau).
- **Pente topographique?** À quelle valeur la pente doit-elle être réduite et quels sont les moyens pour y parvenir? La pente peut-elle être réduite à l'aide d'un caisson en bois de dimensions appropriées?
- **Protéger la surface?** Afin de stabiliser le terrain à long terme et de garantir la durabilité de l'ouvrage, il convient d'accorder une grande importance à la protection de la surface. Le but est de reboiser de manière durable les surfaces dénudées par l'érosion.

- **Mesures complémentaires?** Il pourrait s'agir du nivellement des bords d'éboulement et de parties extrêmement abruptes, de mesures de drainage, de l'aménagement de petites rigoles ou de l'intégration d'ouvrages de soutien supplémentaires.
- **Machines de construction ou engins?** Est-ce qu'une excavatrice suffit ou faut-il employer une pelle araignée? Pour le transport du bois, faut-il prévoir un véhicule de débardage avec treuil, un câble-grue voire l'assistance d'un hélicoptère? Quel est le matériel disponible tels que tronçonneuses, perceuses, pompes à eau, etc.?
- **Matériaux de construction?** Bois, clous en acier, fers d'ancrage, petit matériel
- **Végétalisation?** Principes du génie biologique adaptés à la situation.

L'exemple de calcul des coûts ci-dessous permet d'avoir un ordre de grandeur des frais liés à la construction d'un caisson en bois par les membres de la protection

civile. Les coûts peuvent varier selon les particularités des lieux, du nombre d'heures de travail, des frais pour les spécialistes et des prix actuels du bois sur le marché.

Règle empirique	Calcul
Volume m ³ L × l × h de l'ouvrage	$4 \times 1,5 \times 2,4 \text{ m} = 14,4 \text{ m}^3$
Besoins en bois m ³ 0,2 × volume	$14,5 \text{ m}^3 \times 0,2 = 2,9 \text{ m}^3$
Heures de pelleteuse m³ bois	$= 2,9 \text{ h}$
Heures de travail 3 à 5 × m³ bois	$4 \times 2,9 \text{ m}^3 = 11,6 \text{ h}$
Total approximatif des coûts 500 à 600 CHF × m³ bois	$600 \text{ CHF} \times 2,9 \text{ m}^3 = 1740 \text{ CHF}$

Tab. 4: Exemple de calcul entrant dans la planification d'un caisson en bois

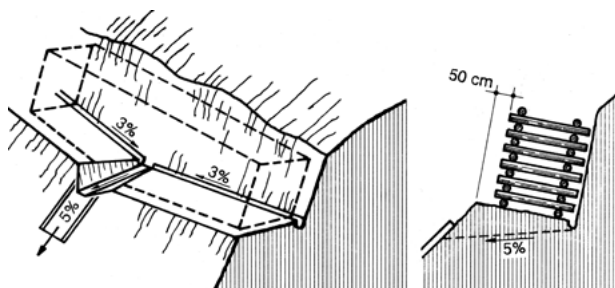


Fig. 42 : Fondations du caisson en bois

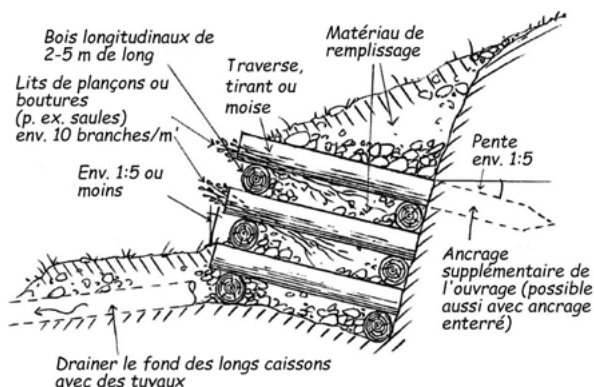


Fig. 43 : Schéma d'un caisson en bois (OFROU)

Techniques de construction

Les ouvrages construits solidement peuvent atteindre jusqu'à 4 mètres de haut. Il est toutefois préférable de limiter la hauteur des caissons en bois et d'en réaliser plusieurs que l'on pourra placer les uns au-dessus des autres et séparer par des talus pour former des paliers. Il convient de prévoir une largeur d'ouvrage équivalant au minimum à la moitié de la hauteur. À défaut, la partie arrière de l'ouvrage doit être ancrée dans le terrain à l'aide de matériel approprié. Dans la mesure du possible, les caissons en bois devraient toujours être recouverts complète-

ment ou alors réalisés avec des bois durables (p. ex. mélèze, châtaignier ou chêne).

Pour éviter toute pression exercée sur l'ouvrage de soutènement par accumulation d'eau, il convient d'installer un système de drainage artificiel à l'aide de tuyaux drainants, par exemple, recouvert de paquets de branches ou d'autres matériaux de drainage. Si l'on estime que des quantités d'eau négligeables vont s'infiltrer par l'arrière de l'ouvrage, de simples paquets de branches ou de pierres suffiront généralement pour assurer l'écoulement de l'eau à travers ou sous le caisson.

Procédé et technique de construction

Dimensions

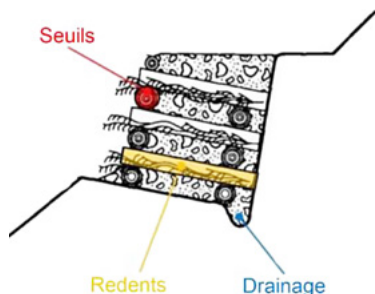


Fig. 44 : Schéma d'un caisson en bois à double paroi (OFROU)

- Pente de l'ouvrage env. 1:5
- Hauteur max. 4 m (peut encore être réalisé avec le personnel de milice)
- Largeur = $\frac{1}{2} \times$ hauteur (min. 1,5 m)
- Seuils Ø 20 à 40 cm
- Redents Ø 15 bis 35 cm
- Distance entre les redents 1,5 à 2 m

Pour les fondations, creuser jusqu'à un mètre de profondeur, ce qui correspond à la profondeur hors gel (sol en place). On parle en général d'une excavation jusqu'au sous-sol ferme.

Commencer la construction du caisson avec les traverses en premier pour façonner la base.

Si possible, encastrer les couches latéralement sur 1,2 à 1,5 m au moins dans le terrain naturel. Veiller à ce

que les bois soient bien empilés, entailler la partie inférieure si nécessaire.

Prévoir et dimensionner un drainage suffisant.

Écorcer les points d'assemblage, percer les trous et clouer les barres d'armature. Cette manière de procéder permet de réaliser des assemblages très solides et de limiter les dégâts apportés au bois. Les points suivants doivent être respectés :

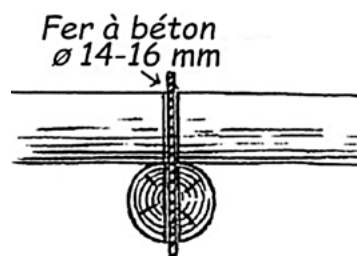


Fig. 45 : Assemblage (OFROU)

- Longueur des clous = 2 x diamètre des rondins (adapter chaque fois)
- Relier les points d'assemblage
- Clouer avec la masse ou avec le marteau hydraulique ou pneumatique
- Dans la mesure du possible, prépercer le bois avec une perceuse.
- Laisser les entretoises suffisamment longues, cela permet de les clouer plus facilement. Diminuer la longueur seulement après.

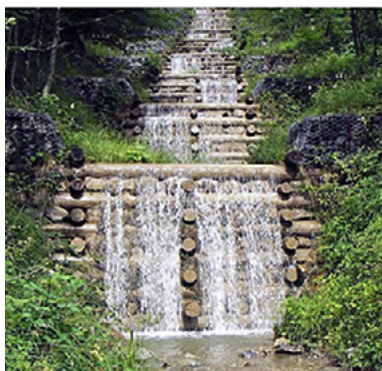


Fig. 46 : remplissage
(connaissances forestières)

Remplir le caisson de manière compacte en procédant par couches avec du matériel approprié et assez grossier (gravier, matériel d'excavation, etc.). Ne pas utiliser de matériel fin tel que du sable ou de l'argile. Un caisson ne peut remplir sa fonction sans remplissage. Dans le domaine de l'aménagement de cours d'eau, les espaces entre les entretoises doivent être remplis en appliquant des méthodes et des matériaux appropriés (pierres, bois de remplissage) afin d'éviter que le remplissage des caissons ne soit emporté par l'eau.

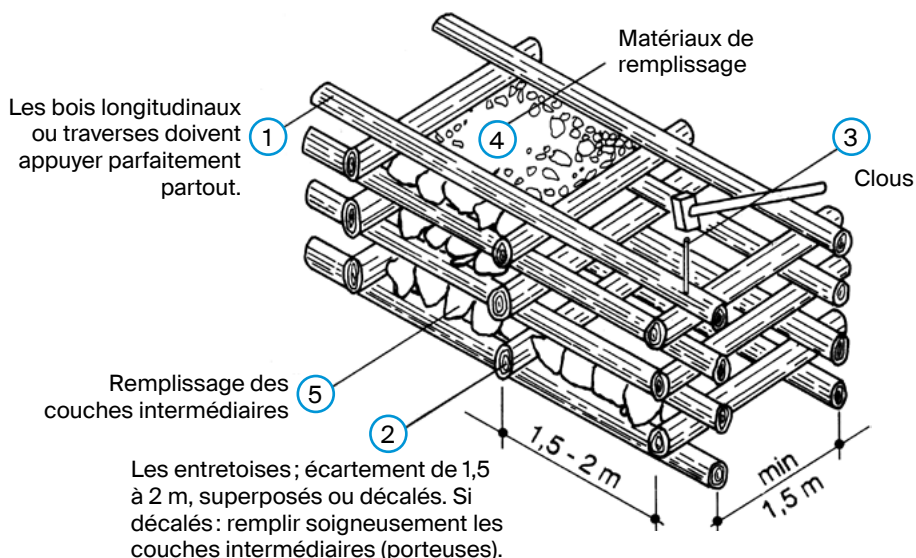


Fig. 47 : Construction d'un caisson en bois (OFROU)

On obtient les meilleurs résultats en recouvrant les caissons de terre. Végétaliser également le dessus.

Dans le cadre de l'aménagement de cours d'eau, combler les espaces vides avec des pierres ou du bois pour éviter que les matériaux de remplissage du caisson ne soient emportés par les eaux d'écoulement.

Exemples :

- Colmater depuis l'intérieur avec des pierres puis caler ces dernières pour éviter qu'elles ne tombent vers l'avant.
- Poser le bois de remplissage parallèlement aux bois traverses ; adapter la longueur et le diamètre ; mettre en place depuis l'intérieur et clouer.
- Poser le bois de remplissage d'une longueur d'un mètre environ parallèlement aux entretoises. Inconvénient avec du matériel de remplissage qui présente des risques d'affaissement ou qui est peu compact : effet de levier sur les bois longitudinaux, création d'interstices favorisant la pourriture du bois.

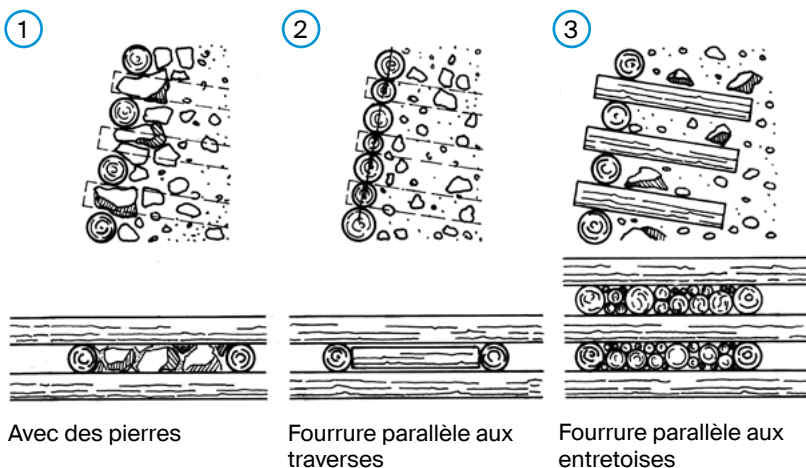
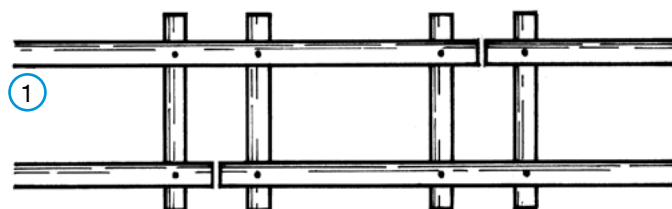


Fig. 48 : Remplissage entre les couches intermédiaires (OFROU)

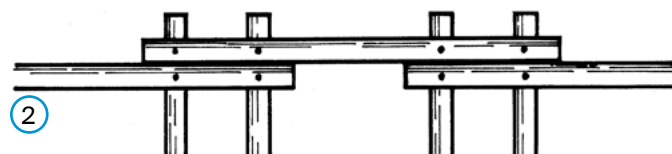
Une couche filtrante peut être installée si nécessaire à l'arrière du caisson en bois (écoulement de l'eau de ruissellement).

Rigidité longitudinale : lorsque l'ouvrage doit présenter une rigidité longitudinale (p. ex. barrages en torrents), les traverses sont disposées de façon décalée. Il existe différentes manières de prolonger les traverses :

Une rigidité longitudinale est souvent inutile, voire problématique, par exemple avec des bois de diamètres différents ou des sols sensibles au tassement. Les caissons en bois sont alors constitués de blocs séparés.



Entretoises double au raccord



Chevauchement des traverses (uniquement pour la paroi arrière)

Fig. 49 : Possibilités de prolongation des traverses (OFROU)

Caniveaux en bois

Les caniveaux doivent évacuer rapidement et sûrement l'eau et parfois des matières solides charriées. Le mélange s'écoulant dans les caniveaux peut atteindre une vitesse élevée. Les caniveaux sont utilisés notamment :

- Pour dévier ou évacuer l'eau de manière provisoire, lors de travaux de construction.
- Pour évacuer l'eau dans les zones de glissement de terrain.

Il convient de prendre en considération tout particulièrement les grandes quantités d'eau et la vitesse d'écoulement (estimée en fonction

de la pente). Les forces produites peuvent endommager les caniveaux et l'eau qui s'échappe alors peut attaquer les fondations et entraîner des éléments solides indésirables dans les caniveaux. Ce type d'ouvrage nécessite donc aussi une planification soignée réalisée avec l'appui de spécialistes.

Autres modes de construction

- Pour drainer des sols on utilise aussi souvent des caniveaux préfabriqués en tôle, en plastique ou en béton. La largeur supérieure varie entre 30 cm et 1 m.
- Tuyaux (avant tout pour les travaux de construction).

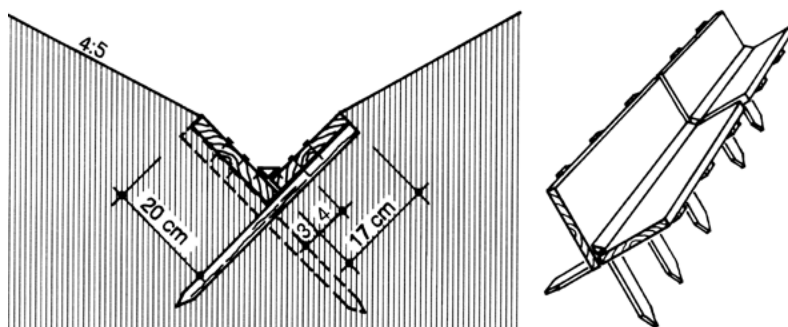


Fig.50 : Caniveaux triangulaires (OFROU)

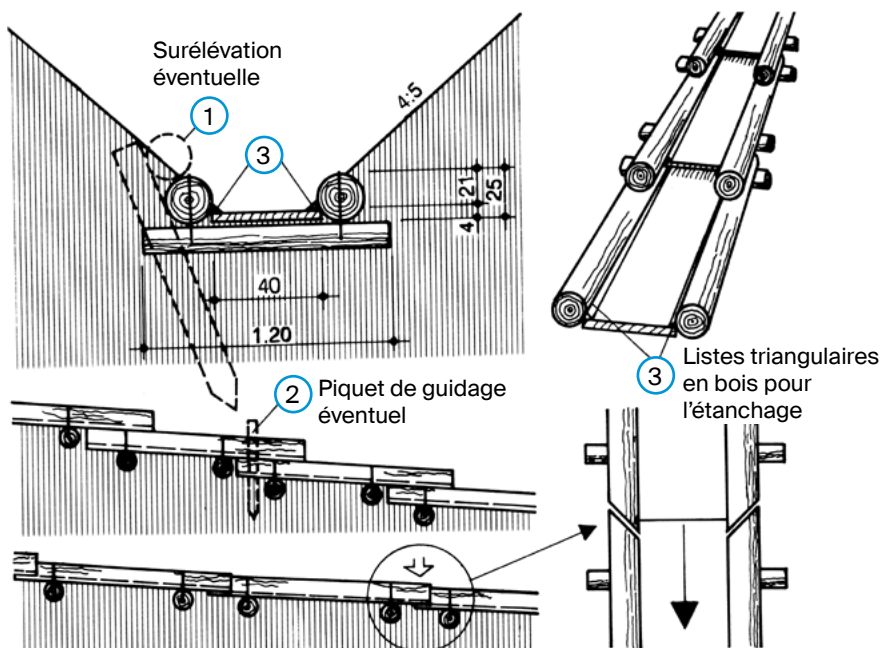


Fig. 51 : Caniveau rectangulaire en bois rond (OFROU)

Disposition du lit

Les caniveaux peuvent être endommagés par les forces de l'eau en écoulement rapide, l'érosion latérale et le soulèvement suite au gel. Il convient donc de veiller à la disposition des appuis et du lit.

- Maintien des caniveaux tous les 2 m au moyen de piquets et traverses dans le sol (fig. 51: Caniveau rectangulaire en bois rond).
- Recouvrir suffisamment le raccord d'un élément avec le suivant, éventuellement étancher.

Recommandations minimales:

- Disposition soignée du lit, de telle sorte que l'eau provenant du talus s'écoule dans le caniveau et n'en attaque pas la fondation; les talus devraient être stabilisés ultérieurement (végétalisation).

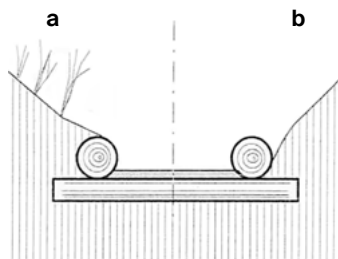


Fig. 52 : Disposition du lit
(a) Exécution correcte – (b) Exécution fautive (OFROU)

Barrages en torrents

Les barrages en torrents permettent de lutter contre l'érosion en profondeur du ruisseau et peuvent se présenter comme suit :

- Gabions
- Éléments spéciaux (p. ex. des éléments préfabriqués en béton ou en métal)
- Béton, parfois murs en maçonnerie, en particulier pour des barrages plus importants

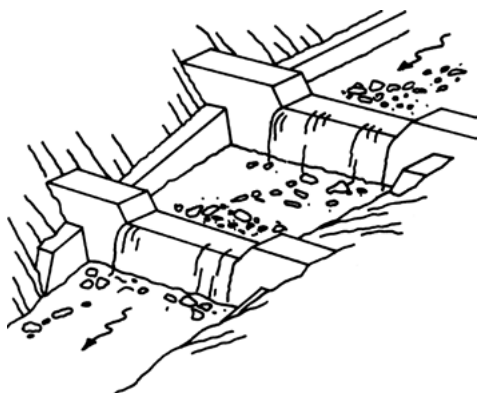


Fig. 53 : Éléments constitutifs de l'aménagement d'un torrent – Caissons en bois et barrage en bois à simple paroi (OFROU)

Dans le cadre d'interventions en cas de catastrophe, on ne construit pratiquement que des barrages en bois et en gabions. Les barrages en bois peuvent prendre de nombreuses formes différentes.

Principes de base pour les petits ouvrages transversaux

La stabilité des barrages en torrents est menacée principalement par :

- l'affouillement (ravinement de la fondation par l'eau qui chute);
- le contournement du barrage.

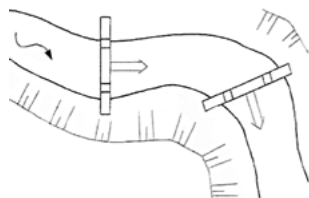
L'installation doit prendre ces points en compte dans la vue en plan, dans les dimensions et dans la construction, y compris les constructions complémentaires éventuelles (ouvrages de guidage, protection contre l'affouillement).

Les mesures suivantes permettent également de prolonger la durée de vie :

- Privilégier des constructions interchangeables pour les parties fortement sollicitées (ailes, arêtes de déversement, protection contre l'affouillement).
- Préserver les boisements des berges (stabilisation de pente, ombrage = plus longue durée de vie des barrages en bois).

Le remblayage des barrages ne doit par contre être entrepris que dans la mesure où il est nécessaire à la construction. Pour le reste, laisser faire le ruisseau.

Exécution correcte



Exécution fautive

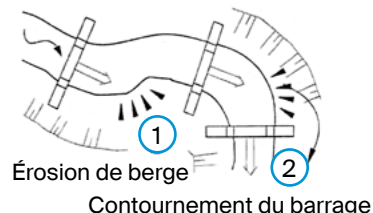


Fig. 54 : Vue en plan des ouvrages transversaux (OFROU)

Disposition des ouvrages transversaux dans la vue en plan

La perpendiculaire au milieu de la section d'écoulement du barrage amont doit viser la section du barrage aval. (Figure 54)

Dimensions importantes pour les petits ouvrages transversaux

Les valeurs indicatives approximatives pour les dimensions les plus importantes sont résumées dans le tableau ci-dessous (fig. 55 : Dimensions de l'ouvrage transversal : élévation et coupe en long).

Les dimensions résultant de l'hydrologie, du sous-sol et des alluvions ainsi que des particularités générales de la zone de construction et du régime des eaux doivent dans chaque cas être prescrites par des spécialistes de la direction de l'intervention. Il s'agit avant tout des points suivants :

- Le dimensionnement et la forme de la section d'écoulement (y compris la hauteur des ailes) dépendent principalement de l'écoulement à maîtriser.
- La couverture du barrage peut être améliorée par une fondation plus profonde ou par une surélévation du prochain barrage aval. La pente naturelle du ruisseau permet souvent de réduire les valeurs indiquées dans le tableau 5.
- La hauteur des barrages et par conséquent leur écartement se déterminent en fonction des considérations topographiques, économiques et autres.

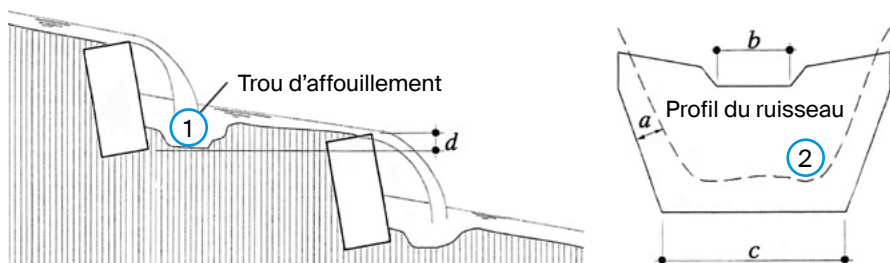


Fig. 55 : Dimensions de l'ouvrage transversal : élévation et coupe en long (OFROU)

Dimensions	Valeurs usuelles pour petits barrages en caissons de bois	Fonction
Encastrement latéral <i>a</i>	1 à 2 m (selon le sol et la taille du barrage)	Encastrement dans la pente; empêche essentiellement un contournement du barrage
Largeur maximale de la section d'écoulement <i>b</i>	Jusqu'à 70 ou 80 % de la largeur du ruisseau (pour un confinement latéral solide davantage que pour des talus naturels)	Protège contre l'affouillement des berges ; sinon protection de la berge (p.ex. blocs)
Largeur de la fondation <i>c</i>	Au minimum le double de la largeur de la section d'écoulement	Principalement pour des raisons constructives
Couverture <i>d</i>	0,5 à 1,0 m env. ; pour les petits barrages en bois ; 1 à 2 fois le diamètre du bois	Protection contre l'affouillement du barrage

Tab. 5: Valeurs usuelles des dimensions d'un ouvrage transversal

Ouvrage transversal en caisson de bois à double paroi

Pour les principes de construction des caissons en bois et les informations concernant les engins,

le matériel, l'investissement et les mesures de sécurité, voir page 77 « Caissons en bois ».

Remarques

- Hauteur usuelle de la fondation jusqu'au déversoir environ 2 m, maximum 4 m.
- Profondeur t = au moins la demi-hauteur h , mais pas moins de 1,5 m
- Exécution massive de l'arête de déversement: deux bois longitudinaux ou, lors d'apports importants d'éboulis, une protection contre l'abrasion en bois demi-ronds transversaux ; arête de déversement parfaitement horizontale (déversement régulier = humidification régulière du barrage, important pour la durée de vie)
- Matériaux de remplissage: généralement des matériaux disponibles sur place, l'accès au site étant souvent difficile

Il existe également des barrages réalisés en caissons de bois à simple paroi. Ces derniers sont ancrés d'une part dans le terrain au moyen d'entretoises et, d'autre part, au bar-

rage en amont. Ils conviennent pour de petits barrages (hauteur de la fondation jusqu'au déversoir environ 1 m). Des hauteurs encore plus faibles conduisent à des formes qui ressemblent aux traverses de base.

Matériaux de remplissage sans éléments fins

Aucun problème de lessivage du matériel fin.

Le corps du barrage est drainé, ce qui décharge le barrage. Par contre, dans les ruisseaux à faible débit, de grandes parties des bois sèchent (pourriture).

Matériaux de remplissage avec forte proportion d'éléments fins

Nécessite une bonne étanchéité des interstices exposés à l'air pour prévenir les phénomènes de lessivage (éventuellement avec un géotextile).

Avantage: l'eau coule sur la structure du barrage et humidifie en permanence le bois (durée de vie augmentée).

Tab. 6: Matériaux de remplissage avec et sans éléments fins

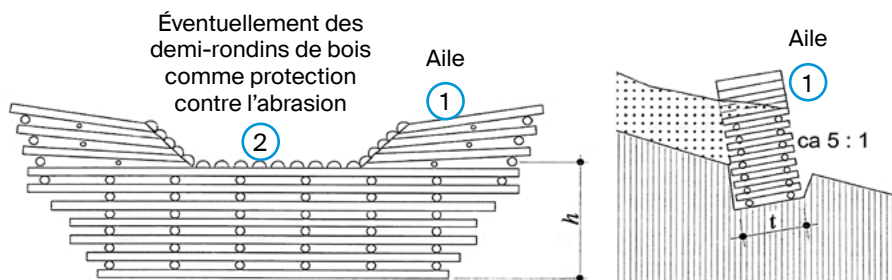


Fig.56 : Barrage en caisson de bois à double paroi: élévation et coupe en long (OFROU)

Ailes: Les ailes latérales des ouvrages transversaux peuvent être réalisées avec la technique des caissons en bois ou avec des pierres. Les pierres ou les gabions sont lourds et surchargent les caissons en bois. Il convient par conséquent d'être particulièrement prudent lorsque le matériel de remplissage est de qualité médiocre, sans portance. Contrairement au reste de l'ouvrage transversal, les ailes ne peuvent pas être maintenues humides en permanence. C'est pourquoi les constructions en bois sont particulièrement exposées au risque de pourriture. Pour éviter cela, il est possible de recouvrir et végétaliser les ailes. On peut aussi envisager de les rénover ultérieurement.

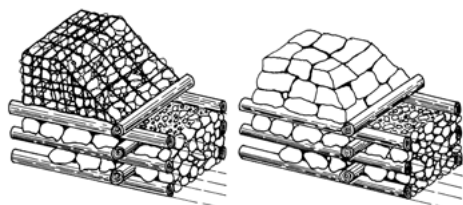


Fig. 57 : Ailes de barrages réalisés avec des caissons en bois (OFROU)

Ouvrage transversal en gabions

La réalisation de ces ouvrages requiert beaucoup d'attention si l'on veut assurer leur durabilité. Les gabions ne devraient être utilisés que lorsqu'aucun autre matériel n'est disponible (situations en altitude, ravins d'érosion déboisés et difficiles d'accès). Les corbeilles tressées sont à préférer à celles en treillis soudés, surtout pour des ouvrages définitifs. Si possible, utiliser des fils métalliques robustes (également disponibles avec une gaine plastique). Les instructions détaillées doivent être demandées auprès du spécialiste (fournisseur du matériel). Dans le cas de la variante A (fig. 58 : Ouvrage transversal en gabions, variante A : élévation et coupe transversale) avec parement aval vertical, le treillis du côté aval est protégé de l'effet d'érosion des éboulis. Il convient de respecter les points suivants :

- Utiliser des pierres anguleuses, qui peuvent être disposées en couches régulières (comme pour une maçonnerie à sec).
- Coffrer le parement aval (éviter les ventres).
- Mettre régulièrement en place les entretoises (maintien de la forme).

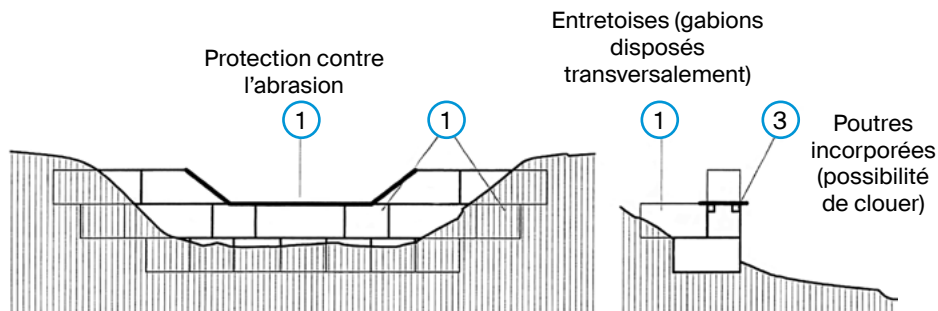


Fig. 58 : Ouvrage transversal en gabions, variante A: élévation et coupe transversale

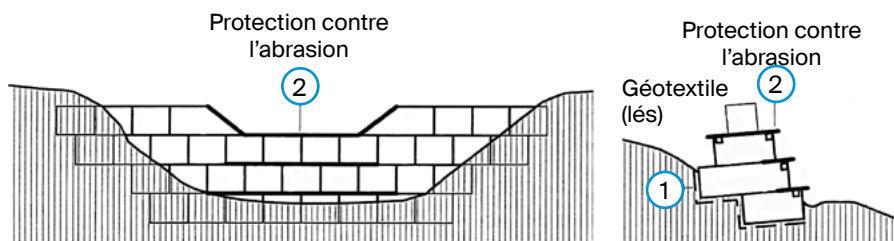


Fig. 59 : Ouvrage transversal en gabions, variante B: élévation et coupe transversale (OFROU)

La solution selon la variante B (fig. 59: Ouvrage transversal en gabions, variante B: élévation et coupe transversale) avec habillage et/ou disposition en escaliers, est moins avantageuse. Elle peut être envisagée lorsque le matériau de remplissage ne convient pas ou pour un parement vertical. La forme en escalier sert simultanément de plate-forme de travail, mais elle doit être prévue avec une protection contre l'abrasion.

Ouvrages de guidage

Les ouvrages de guidage latéraux protègent contre l'érosion des berges et le contournement des barages (surtout à l'extérieur des courbes). À l'amont, ils sont en général solidement liés à l'extrémité de l'aile située du côté de l'eau. La base de l'ouvrage de guidage doit être à une distance suffisante de la chute d'eau. Ici aussi, on peut mettre en œuvre des constructions en bois ou en gabions. Ces dernières doivent en règle générale être protégées contre l'abrasion par les sédiments.

Protection contre l'abrasion

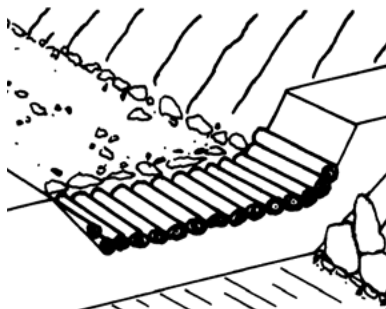


Fig.60 : Protection contre l'abrasion (OFROU)

Dans les ruisseaux riches en éboulis, il est nécessaire d'installer une protection supplémentaire contre l'abrasion de l'arête de déversement, par exemple au moyen de bois demi-ronds ou de traverses de chemin de fer. Dans certains cas, on peut également utiliser des éléments préfabriqués. Une protection contre l'abrasion est indispensable pour les gabions.

Protection contre l'affouillement (sol de chute)

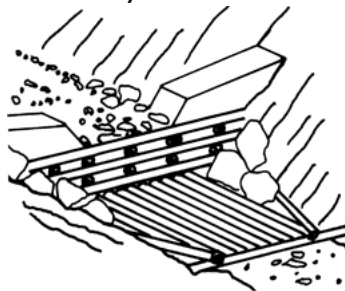


Fig.61 : Sol de chute en bois (OFROU)

Souvent, surtout pour les grandes hauteurs et en particulier pour les ouvrages transversaux inférieurs d'une série, on dispose une protection contre l'affouillement en aval de l'ouvrage. Celle-ci se compose de gros blocs ou de bois demi-ronds posés dans le sens d'écoulement et situés en permanence sous l'eau. Il existe différentes manières de procéder :

- Disposer une sous-couche de géotextile (qui empêche également un lessivage du sous-sol).
- Clouer un bois rond supplémentaire à l'extrémité de la rangée de poutres (qui permet de retenir en partie les éboulis).
- Planter la rangée de poutres avec une légère contre-pente.

Pour de faibles hauteurs et entraxes de barrages, on peut étendre une grille de poutres par-dessus la section d'écoulement du prochain barrage en aval, en réalisant ainsi simultanément sa protection contre l'abrasion (méthode souvent appliquée pour les échelonnements de barrages à simple paroi).

L'extrémité amont de la grille de poutres est souvent liée au pied du barrage, de façon à bien ancrer le sol de chute. Inconvénient : si le sol de chute venait à céder ou son sous-sol à être raviné, cela pourrait conduire à un affaiblissement du barrage.

Même si un véritable ouvrage de guidage n'est pas nécessaire, on protège localement (le plus souvent avec des blocs de pierre) le talus de la berge dans la zone d'affouillement.

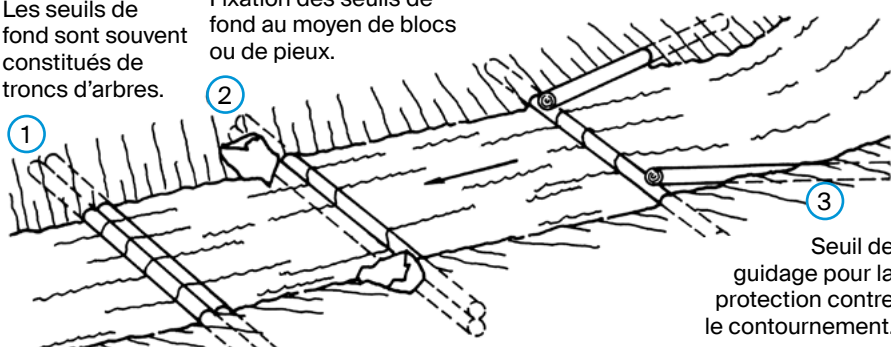
Seuils de fond

Pour empêcher l'érosion en profondeur dans les cours d'eau plats, on construit des seuils de fond transversaux, exécutés en béton, en blocs de pierre ou simplement au moyen de troncs d'arbres disposés transversalement (diamètre env. 30 cm).

Les seuils doivent être protégés contre le ravinement par dessous. Les mesures consistent en une couverture suffisante pour le prochain seuil aval, une protection contre l'affouillement ou un arrêt du flux d'infiltration.

Les seuils de fond sont souvent constitués de troncs d'arbres.

Fixation des seuils de fond au moyen de blocs ou de pieux.



Seuil de guidage pour la protection contre le contournement.

Fig. 62 : Seuils de fonds réalisés au moyen de troncs d'arbres (OFROU)

Chevauchement minimum

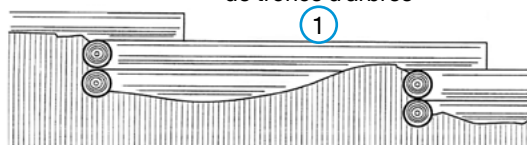
Le chevauchement minimum d'un seul tronc d'arbre par le prochain en aval correspond au demi-diamètre du tronc; de la même manière, pour deux troncs, il sera au maximum un diamètre de tronc plus haut que le prochain seuil aval. Cela dicte l'espacement nécessaire d'un seuil à l'autre (voir Fig. 63).

Protection contre l'affouillement

Voir Fig. 64.

Chevauchement minimum

Ouvrage de guidage
éventuellement réalisé au moyen
de troncs d'arbres



Seuil affouillé

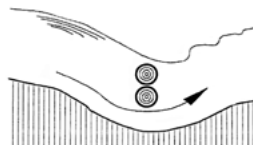
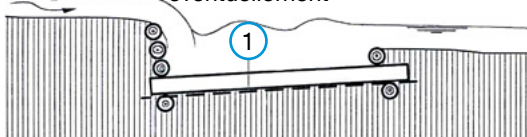


Fig. 63 : Chevauchement minimum du seuil (OFROU)

Grille de poutres en bois

Géotextile
éventuellement



Blocs de pierre

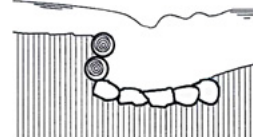


Fig. 64 : Protection contre l'affouillement (OFROU)

Arrêt du flux d'infiltration

Les flux d'infiltration par dessous les seuils doivent être interrompus avec des géotextiles ou des planches. On évite ainsi un ravinement des seuils.

Pour éviter le contournement des seuils de fond, on dispose des seuils de guidage dans le sens du courant (fig. 62 : Seuils de fonds réalisés au moyen de troncs d'arbres). La position des seuils devrait être marquée de façon durable sur la berge pour prévenir leur destruction lors des évacuations d'éboulis.

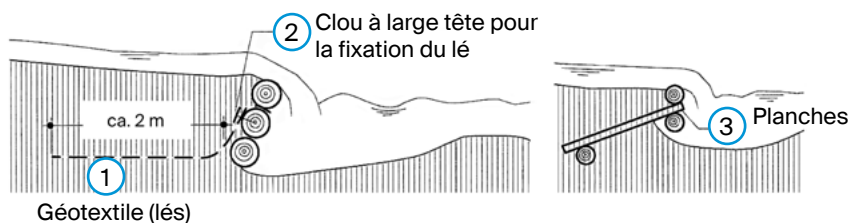


Fig. 65 : Arrêt du flux d'infiltration (OFROU)

Protection des berges

Principes de base

Une protection de berge vise à empêcher son érosion latérale. Suivant la sollicitation, on prend diverses mesures telles que la végétalisation, les constructions en bois, les plates-formes, remblais ou encochements ou encore les murs de rives.

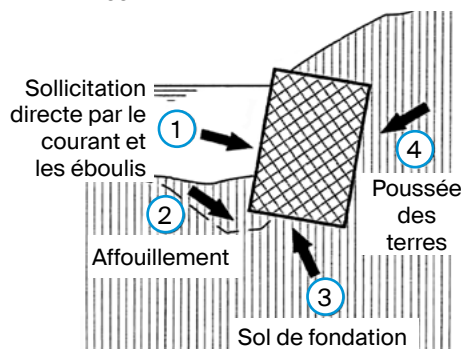


Fig. 66 : Sollicitation d'une protection de berge (OFROU)

Points importants pour la solidité d'une protection de berge :

- Fondation suffisamment profonde et protection contre les affouillements locaux.
- Éventuellement protection du fond complémentaire, mobile et construction séparée, placée devant l'ouvrage (en général des blocs de pierre).

- Dimensionnement suffisant de l'ouvrage (poussée des terres).
- Mesures particulières pour la fondation en cas de sol défaillant, telles que l'élargissement en pied (p. ex. grilles de poutres en bois), fondations sur pieux, lit de grosses pierres et de blocs.

La protection contre l'affouillement suite à un surcreusement général du lit doit être garantie par des ouvrages transversaux. La sécurité vis-à-vis de la sollicitation directe par le courant et le charriage d'éboulis sera assurée par le choix judicieux du mode de construction, dans lequel jouent notamment un rôle :

- les conditions de l'emplacement ;
- les matériaux et engins disponibles (vérifier l'accessibilité) ;
- la capacité de l'unité (OPC) d'exécuter un mode de construction déterminé, avec une qualité d'exécution suffisante ;
- la possibilité d'intégrer une solution provisoire dans une exécution ultérieure définitive (choisir une solution économisant la place et construire en retrait).

Par ailleurs, un mode de construction donné peut engendrer, pour un ouvrage définitif, des problèmes qui sont moins déterminants pour une solution provisoire (durabilité, protection du paysage).

Exécutions

Le tableau ci-dessous présente trois types d'exécutions qui peuvent être réalisés avec des moyens simples :

Exigences de base	Arrangement de blocs	Caissons en bois	Gabions
Place nécessaire	beaucoup	peu	peu
Réalisable sans engins lourds	non	oui	oui
Exigences d'accessibilité	élevées	faibles	faibles
Exigences en matière de formation	(1)	(2)	(2)
Exigences quant à l'exécution des travaux	élevées (1)	moyennes	moyennes

Adéquation des protections de berges	Arrangement de blocs	Caissons en bois	Gabions
Cours d'eau plus importants	x	x	o (4)
Cours d'eau avec forte pente	x	x	o
Charriage d'éboulis	x	x	o (5)
Terrains en mouvement (pentes en reptation)	x	x	x
Ouvrages provisoires	o	x	o
Ouvrages définitifs	x	o (3)	o (5,6)
Construction par la troupe (beaucoup de travail manuel)	–	x	x
Construction rapide	x	o	o

x) approprié

o) approprié sous certaines conditions (voir chaque fois remarque correspondante)

–) pas réalisable

1) Exige des conducteurs de pelles mécaniques expérimentés

2) Si possible, formation par un spécialiste

3) Seulement là où une couverture est possible

4) Comme mesure d'urgence

5) Seulement avec protection contre les abrasions

6) Seulement pour les cours d'eau avec peu de pente et d'éboulis

Tab. 7: Exigences de base pour les protections de berge



Les trois modes de construction sont souples et ils conviennent par conséquent également aux terrains irréguliers. Ils font tous partie des aménagements lourds. Dans les tronçons supérieurs, ils sont souvent remplacés par une protection plus légère. Les travaux en béton sont pour la plupart définitifs et ne sont exécutés que dans le cadre d'un projet global.

Enrochements

Pour éviter l'affouillement, il faut au minimum enterrer le bloc inférieur. Les sols à grains fins sont menacés par les courants d'infiltration (lessivage). Mesure de protection préconisée (au moins pour les ouvrages définitifs) : sous-couche en déchets de carrière (diamètre 10 à 20 cm) et remplissage des interstices avec des pierres et du matériel fin. Alternative : sous-couche en géotextile.

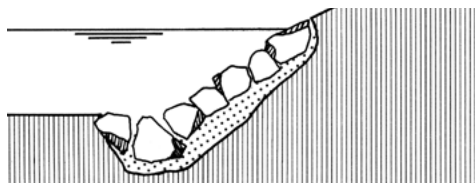


Fig. 67 : Enrochements (OFROU)

Les blocs de pierre doivent :

- si possible présenter une forme cubique et des arêtes vives (les pierres plates et rondes ne conviennent pas);
- être constitués d'une roche compacte dure (p. ex. granit, calcaire); les roches schisteuses ou cassantes ne sont pas appropriées;
- être suffisamment grands.

Principes pour la mise en place des blocs :

- Une réserve de blocs de pierre sur le chantier permet une meilleure sélection.
- La mise en place nécessite une pelle hydraulique avec grappin (multi-prises) et un machiniste expérimenté. Alternative au grappin : chaînes à pierres.
- Taille des blocs diminuant vers le haut, les plus gros étant préférés pour la construction de la base.
- Les blocs sont posés sur leur plus grande surface d'appui naturel, avec des joints aussi réduits que possible entre les blocs; la présence d'un parement supérieur fermé est moins déterminante.
- Remplissage des joints seulement après réception de l'ouvrage.

À beaucoup d'endroits, on trouve des dépôts de blocs de pierre pour les cas d'urgence (en partie réglé sur le plan cantonal).

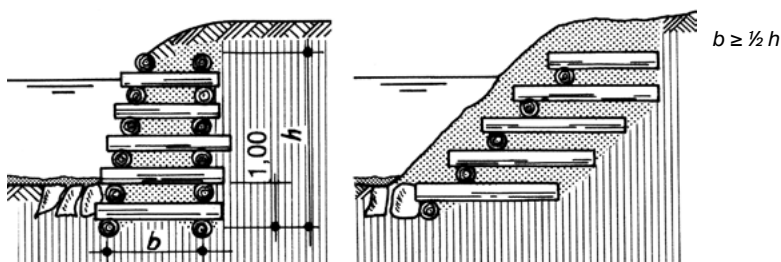


Fig. 68 : Protection de berge avec caisson en bois (OFROU)

Caissons en bois

Caissons en bois, à simple ou double paroi, fondés au moins à 1 mètre de profondeur ; exécutions en partie avec base renforcé ou blocs de pierre devant la fondation.

Pour éviter que le bois ne pourrisse, décaler le caisson vers l'arrière en montant, recouvrir de terre et végétaliser (seulement pour les petits ruisseaux). Les indications pour la construction des caissons en bois sont contenues dans le chapitre Caissons en bois. Là où des venues d'eau empêchent la construction d'une fondation suffisante en caissons de bois et où il n'est pas possible de maintenir une humidité appropriée, il convient de chercher une autre solution, par exemple en utilisant de grosses pierres et des blocs (interstices comblés). Le matériel de remplissage fin est souvent protégé contre les lessivage avec un géotextile (lés disposés derrière le remplissage des interstices).

Gabions

En cas de charriage d'éboulis, les gabions doivent être protégés contre l'abrasion au moyen de bois disposés en long (protection anti-abrasion). À côté des gabions en forme de parallélépipède, il existe aussi des corbeilles rondes, des matelas ou des rouleaux à noyer. Ils sont indiqués pour des pentes douces. Préférer les corbeilles à mailles torsadées aux treillis soudés. Matériel de remplissage : pour les ouvrages hauts et raides, choisir un matériel à arêtes vives, que l'on peut disposer facilement en couches. Pour les pentes de berges douces, des éboulis ronds ont l'avantage d'offrir plus de flexibilité.

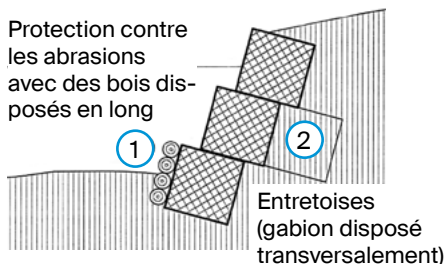


Fig. 69 : Protection de berge à l'aide de gabions (OFROU)

Treillages

Utilisation

Pour stabiliser des pentes plus longues, les treillages représentent une alternative aux caissons en bois. Moins coûteux et plus simples à réaliser, les treillages ne sont toutefois pas des constructions d'appui, comme c'est le cas pour un mur en béton, mais uniquement des protections de surface. Leur fonction principale est d'empêcher le glissement ou l'érosions de matériaux de surface et de stabiliser ainsi la surface pendant la période de croissance des végétaux jusqu'à ce qu'ils

puissent remplir cette fonction à leur tour. Ce procédé peut être appliqué à des talus d'une hauteur maximale de 20 mètres. Les treillages sont réalisés avec des bois équarris ou ronds d'un diamètre de 10 à 30 cm empilés en croix sur la pente et fixés avec des piquets ou des fers d'armature dans le sous-sol. Ils doivent reposer au pied de la pente sur un caisson en bois ou un autre type de fondation. Les interstices sont ensuite remplis de terre et recouverts de lits de plançons et de plantes pour prolonger la durée de vie de l'ouvrage. À défaut, il sera rapidement endommagé et le bois pourrira.

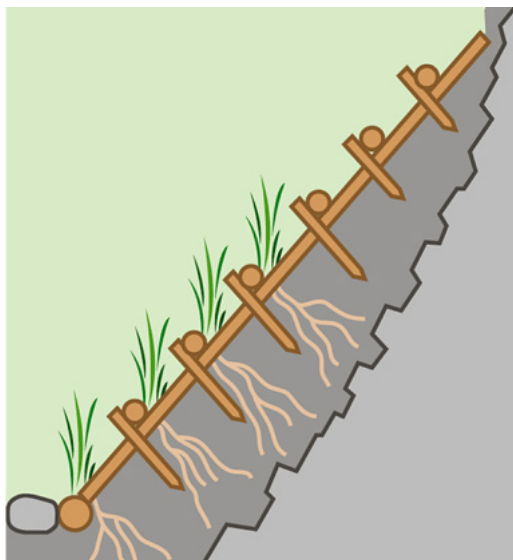


Fig. 70 : Treillage (schéma) (OFROU)

Planification

Pour la planification des treillages, on peut se référer aux indications mentionnées pour les caissons en bois et ajouter les points suivants :

- **L'ancrage** revêt une importance cruciale, il faut absolument éviter que le treillage ne soit soulevé par la poussée des terres. Il faut par conséquent disposer du matériel approprié pour un ancrage dans le rocher, dans les matériaux meubles ou au sol.
- Les **besoins en bois** correspondent à 12 % de la surface du treillage.
- Attention aux eaux de sources et aux sorties de sources dans le talus : elles doivent être déviées avec des mesures appropriées afin d'éviter toute **pression exercée par l'eau de ruissellement** derrière le treillage.

Règle empirique	Calcul
Surface du treillage m ² L × h de l'ouvrage	15 × 10 m = 150 m ²
Besoins en bois m ³ 0,12 × surface du treillage	150 m ² × 0,12 = 18 m ³

Tab. 8 : Planification d'un treillage

Technique de construction

Creuser jusqu'au sous-sol ferme.
Pour stabiliser le pied de l'ouvrage,
ancrer le seuil inférieur ou
construire un caisson en bois
comme fondation.

Enfoncer si possible les bois longitudinaux sur toute leur longueur dans le sol en place afin d'éviter la formation d'interstices à l'arrière du treillage qu'il faudrait ensuite colmater laborieusement.

Choisir le pied du treillage de sorte qu'il soit dans l'axe de la pente.

Encastrer latéralement de 0,5 à 1 mètre au maximum.

Il est très important de drainer le terrain et la pente à l'arrière du treillage et de dévier les eaux récoltées.

Utiliser des bois ronds d'un diamètre de 25 à 30 cm. Du bois plus massif alourdirait l'ouvrage, ce qui nuirait à sa fonctionnalité.

Percer des trous aux points d'assemblage pour faciliter l'insertion de clous ou des fers à béton.

Comblar les espaces entre les bois transversaux avec des entretoises appropriées.



Fig. 71 : Treillage avec entretoises
(Ammann Ingenieurbüro AG)

Remplir le treillage avec du matériel d'excavation de manière continue pendant la construction ou à la fin.

Veiller à tasser les matériaux d'excavation et à recouvrir complètement l'ouvrage pour assurer sa durabilité.

Une végétalisation de la surface du treillage permet de le stabiliser à long terme.

Si le treillage n'est pas suffisamment lesté, il risque d'être soulevé par la poussée des terres, ce qui le rendrait inefficace. Pour éviter cela, l'ancrage à l'arrière de la partie supérieure doit être réalisé soigneusement. Utiliser des ancrages au sol si nécessaire.

Les illustrations ci-dessous présentent différents principes de construction. On opère une distinction entre les ouvrages avec ou sans entretoises et avec ou sans ancrage au sol. Ces variantes sont planifiées pour une mise en œuvre en fonction des situations.

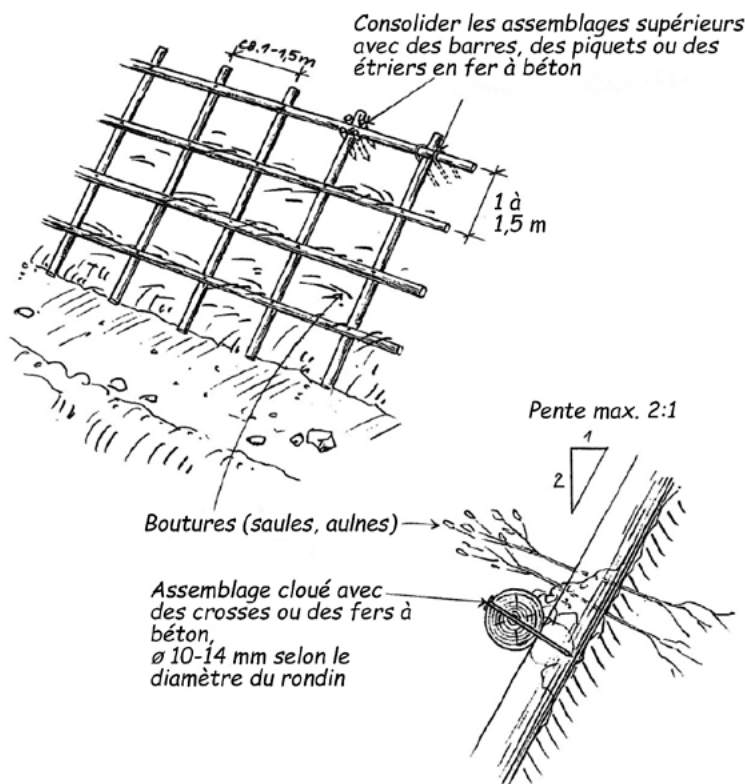


Fig.72 : Treillage (esquisse) (OFROU)

Ponts

Utilisation

Dans la protection civile, les ponts constituent avant tout des mesures temporaires pour remplacer des constructions détruites ou pour créer des accès à des zones reculées. Ils peuvent aussi s'intégrer à des interventions en faveur de collectivité telles que la construction de chemins de randonnée. En général, la protection civile réalise des ponts pour piétons d'une portée maximale de six mètres. Les ponts de plus grande portée, empruntés par des véhicules lourds ou soumis à d'autres charges importantes ainsi que les ponts suspendus doivent impérativement être réalisés avec l'appui de spécialistes et respecter les normes de construction SIA 260, 261 et 261/1. Le pont de fortune figurant dans le Manuel du constructeur

pouvant atteindre une portée maximale de six mètres et prévu pour supporter des véhicules de moins de 3,5 tonnes peut être considéré comme exception.

À l'instar de tous les autres types de ponts, les ponts pour piétons exigent une planification minutieuse et une exécution dans les règles de l'art afin d'assurer leur fonctionnalité sur le long terme. La construction d'un pont nécessite beaucoup de travail et de matériel. De plus, les ponts doivent être contrôlés et, le cas échéant, entretenus régulièrement. Lors d'interventions de la protection civile en cas de sinistre, les ponts ne peuvent être construits ou exploités sans inspection et vérification préalables. Si le pont continue d'être utilisé au-delà de la fin de l'intervention, l'ouvrage doit satisfaire aux normes, lois et contrôles en vigueur.

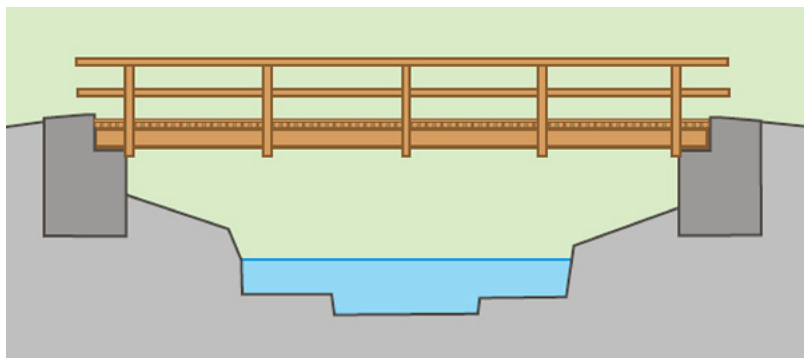


Fig.73 : Pont en bois, coupe longitudinale (OFROU)

S'ils ne sont pas planifiés au préalable et construits dans le cadre d'exercices, les ponts présentant des difficultés techniques ne peuvent être exécutés en temps utile.

Les points suivants doivent être pris en compte lors de la préparation et de la planification :

- **Ponts / ouvrages planifiés :** ils doivent satisfaire aux normes légales et aux directives et peuvent ainsi être utilisés à long terme.
- **Ponts / ouvrages improvisés :** ils sont réalisés à titre provisoire dans le cadre d'une intervention pour permettre le sauvetage de personnes et sont utilisés par les équipes d'intervention. Dans la mesure du possible, ils sont également construits selon des principes de construction connus et éprouvés des organisations d'intervention (documents des sapeurs-pompiers, de l'Armée suisse, de la protection civile, du THW).

Les risques et dangers liés à la traversée du pont doivent être appréciés en tenant compte des différents groupes d'utilisateurs et du moment :

- Équipes d'intervention entraînées dans le cadre d'une intervention.

- Randonneurs sur un sentier balisé (a priori en bonne santé, avec un bon sens de l'équilibre et des chaussures robustes).
- Des civils ne disposant pas d'un entraînement spécifique ou d'un équipement spécifique.
- Enfants seuls et en bas âge.
- De jour ou de nuit, avec de mauvaises conditions météorologiques (neige, glace, etc.).
- Une seule personne à la fois ou un nombre de personnes illimité ensemble.
- Quels sont les pires scénarios si une personne tombe à l'eau ou si le pont cède ?

Ces facteurs doivent être analysés et pris en considération au cours de la planification. Ils entrent en ligne de compte lors du choix d'installer une balustrade d'un côté ou des deux ou alors d'y renoncer.

Planification

Mesures

Les particularités du terrain doivent être mesurées avec les moyens disponibles (levée de profil) et esquissées afin de réaliser un premier croquis de planification. Ces relevés peuvent être effectués à l'aide de niveaux optiques et de mires de nivellement.

Choix de l'emplacement du pont

Différents critères doivent être pris en compte au moment de choisir l'emplacement du chantier de construction :

- Les ponts permettant aux piétons de traverser des ravins, des cours d'eau ou tout autre obstacle devraient être érigés à des endroits étroits, dans l'idéal sur un tronçon rectiligne.
- Pour assurer la stabilité du pont, les culées doivent pouvoir reposer sur une base solide.
- Dans les courbes, où les rives extérieures non protégées risquent d'être affouillées, les conditions d'implantation des culées sont mauvaises.
- Dans la mesure du possible, conserver les emplacements qui ont fait leurs preuves. Tenir compte des intérêts des propriétaires de terrain, des exploitants forestiers et agricoles lors du choix de l'emplacement.
- En principe, sont considérés comme emplacements inappropriés les rives exposées au risque d'érosion, les pentes instables ou les secteurs présentant un risque d'affaissement.

Dimensions et normes de construction

- Il faut prévoir un franc-bord entre le bord inférieur et le niveau escompté des hautes eaux pour éviter tout risque d'inondation et d'occlusion de bois flottant.
- Les dimensions du franc-bord devraient être définies avec l'autorité compétente.
- Lors de la construction de ponts et particulièrement de ponts suspendus, il convient de veiller à la sécurité des usagers (balustrade).
- Les ponts importants et d'un certain standard exigent des levés topographiques détaillés. Par contre, pour une simple passerelle de rondins, la connaissance de la portée peut suffire.
- Les balustrades et la largeur du pont doivent être dimensionnées de sorte à garantir un usage sécurisé de l'ouvrage.
- Mettre en place des constructions aussi simples que possible, faire systématiquement appel à des spécialistes.
- Pour une construction et une exploitation efficace, nous recommandons de procéder à une conception et à une planification de l'ouvrage et de le réaliser en tant que préparation pour une utilisation dans le cadre d'exercices.
- Les ponts en métal ainsi que les ponts suspendus construits avec des câbles métalliques et nécessitant l'utilisation de tire-câbles devraient être exécutés par des entreprises spécialisées.

- Ces ouvrages peuvent être remplacés par des ponts construits rapidement à l'aide d'un système d'échafaudage pour les interventions (EGS). Voir à ce sujet les explications à la page 97.

Attention:

- Constructions provisoires: en cas d'urgence, la position, les piliers, le système de fixation et le franc-bord ne peuvent être définis ou réalisés à l'aide de calculs précis.
- Constructions planifiées: la position, le système de fixation et le franc-bord sont planifiés et réalisés selon les normes de construction. Par exemple, un pont réalisé avec un système d'échafaudage EGS peut être utilisé sur une longue durée.

Technique de construction

Construction: Lors de la construction de ponts enjambant des cours d'eau, il faut absolument tenir compte du franc-bord, entre le bord inférieur du pont et le niveau escompté des hautes-eaux. Les dimensions du franc-bord doivent être suffisantes pour garantir une marge de sécurité. Les spécialistes peuvent renseigner à ce sujet.

Pour les ponts qui ne sont pas construits au-dessus d'un cours d'eau, le franc-bord est moins important. Sur les ponts carrossables, on fixe au tablier une poutre de rive pour des raisons de sécurité.

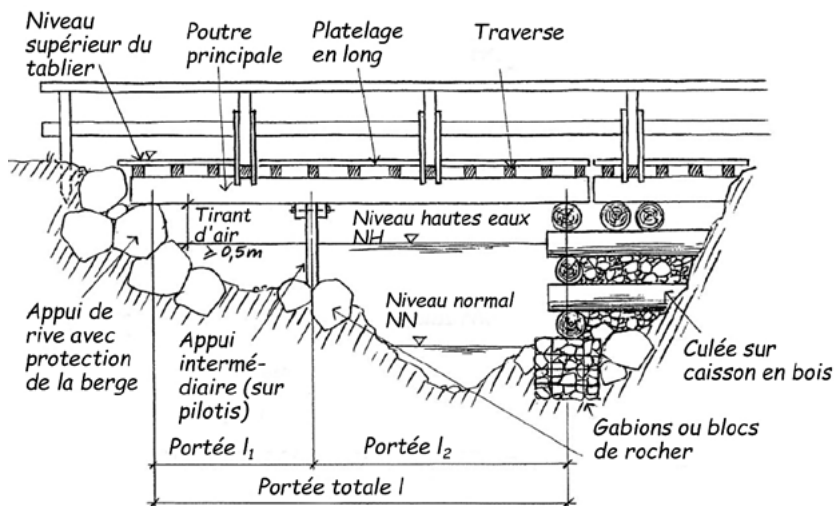


Fig. 74 : Construction d'un pont en bois (OFROU)

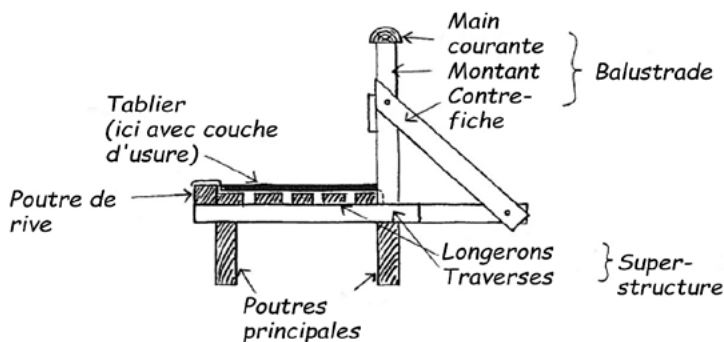


Fig. 75 : Éléments de construction (OFROU)

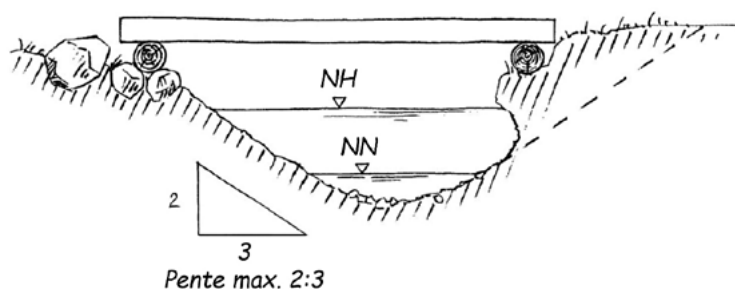


Fig. 76 : Appui correct pour les culées (OFROU)

La surface de marche d'ouvrages provisoires peut être rendue plus rugueuse en utilisant une tronçonneuse.

Culées: Les culées transmettent au sol les pressions et les charges telles que le poids propre et le poids des usagers. Il faut également tenir compte du fait que les ponts doivent, suivant leur emplacement, résister aux hautes eaux, au charriage des matériaux et à la poussée des terres.

Les culées doivent être réalisées sur un sol stable et sec. Une distance suffisante de la rive ou de la ligne de rive permet d'éviter tout affouillement. Le plus souvent, les culées sont construites en blocs de pierre, en gabions ou en béton. Le bois ne convient pas, car il pourrit rapidement dans des conditions d'humidité variables. Il peut toutefois être utilisé comme matériau de construction pour les culées d'ouvrages provisoires. Le cas échéant, le terrain doit être corrigé et stabilisé par des mesures appropriées.

En raison de l'étendue des informations, les différentes possibilités de réalisation des culées ne sont pas décrites dans le présent manuel. Vous trouverez une description détaillée des techniques de constructions dans la publication *Construire en bois sur les chemins pédestres* (OFEFP, 1992 ; OFROU 2009).

Superstructure: La superstructure, c'est-à-dire les parties supérieures des ponts, est généralement réalisée en bois. Le bois a pour avantages d'être un matériau présent à proximité du chantier et facile à travailler. Ces deux critères jouent un rôle important dans la réalisation de tels ouvrages. Sur les chemins de randonnée, on rencontre beaucoup de ponts pour piétons avec deux poutres longitudinales en rondins d'un diamètre de 20 à 30 cm. Occasionnellement, on utilise également des poutrelles en acier galvanisé. Dans tous les cas, il convient de tenir compte des indications du fabricant concernant la capacité portante maximale.

La surface de marche peut également être réalisée en bois, avec des rondins ou des demi-rondins d'un diamètre de 10 cm environ ainsi qu'avec des planches d'une épaisseur de 5 à 6 cm.

Propriétés antidérapantes : il existe différentes possibilités pour éviter des surfaces de marche glissantes.

- Recouvrir les rondins d'une fine couche de gravier.
- Sur les surfaces de marche planes, poser des treillis métalliques (métal déployé) ou un mélange de gravillon et de résine.
- Couche d'asphalte coulé ou feuille de revêtement spéciale gravillonnée.
- La surface de marche peut aussi être rendue rugueuse en utilisant simplement une tronçonneuse.

Les propriétés antidérapantes sont bien sûr importantes pour les ouvrages utilisés à long terme. Toutefois, même pour des ponts provisoires, il convient de veiller à la sécurité des usagers.

Conservation: Pour éviter tout risque de pourriture, les ponts en bois utilisés à long terme doivent être construits de telle sorte qu'ils sèchent vite après les précipitations. Cela concerne surtout les surfaces de contact: moins la surface de contact entre les pièces en bois est importante, moins le risque d'humidité stagnante est élevé. C'est pourquoi l'utilisation de poutres longitudinales rondes est particulièrement recommandée.

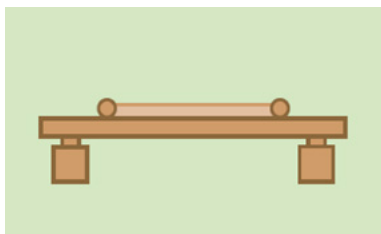
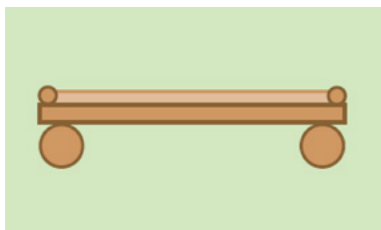


Fig. 77 : Exemple de ponts de fortune construits en bois rond (haut) et en bois équarri (bas) (OFROU)

Pour réduire le plus possible les surfaces de contact avec des poutres longitudinales rectangulaires et les traverses, il est possible d'intercaler une fine latte en bois (cf. figure ci-dessous). Une certaine prudence doit être de mise lors de l'utilisation de poutres métalliques. Il faut veiller alors à ce qu'il n'y ait pas de contact entre les poutres métalliques et le bois, car l'acide tannique de ce dernier attaque le métal.

Pont de fortune d'une portée maximale de six mètres: Un pont de fortune peut être réalisé avec du bois ronds ou équarri. La portée doit être inférieure à six mètres. L'ouvrage doit pouvoir supporter le passage de véhicules d'un poids total de 3,5 t au maximum et présenter une largeur de 2,1 m environ. Les principes présentés ci-après peuvent servir de base à la construction de tels ouvrages.

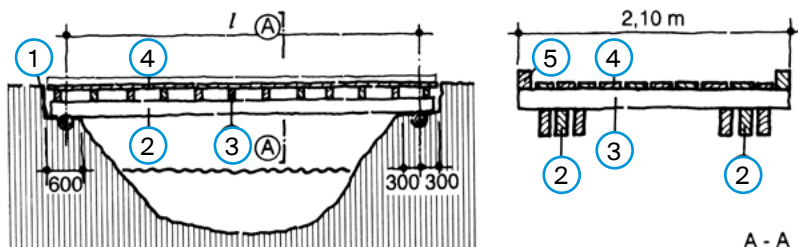
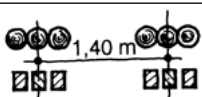
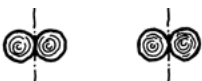


Fig.78 : Pont de fortune d'une portée l maximale de 6 m (Armée suisse)

Construction:

- 1) Culées: Doivent être conçues de manière appropriée (protection contre l'érosion) ou réalisées dans le cadre des mesures de construction
- 2) Poutres longitudinales: Voir tableau ci-après
- 3) Traverses: Bois équarri 10/18 cm ou rondins Ø 18 cm, écarts < 40 cm, fixés avec des clous 7,5/245 mm
- 4) Surface carrossable: Planches de 50 mm, 1 cm d'écart entre les planches, fixées avec des clous 4,0/100 mm
- 5) Poutre de rive: Section 12/16 cm, fixée avec des clous 7,5/245 mm

Portée l	Poutres longitudinales	
	Disposition / quantité	Section
< 4 m		Ø > 20 cm 16/20 cm
< 5 m		Ø > 25 cm 16/20 cm
< 6 m		Ø > 30 cm

Tab. 9: Poutres longitudinales (Armée suisse)

Pont en rondins

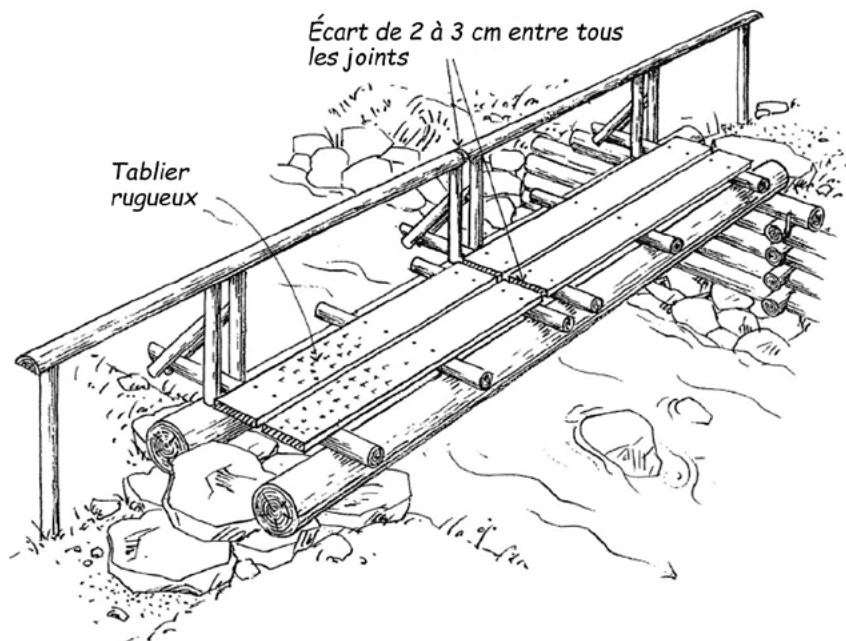


Fig.79 : Pont en rondins (OFROU)

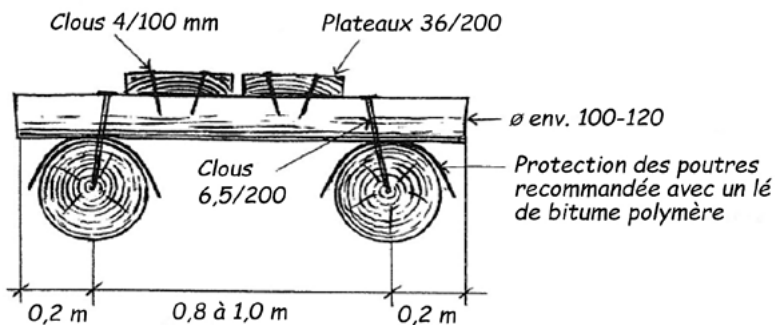


Fig.80 : Coupe transversale sans balustrade (OFROU)

Diamètre des rondins des piliers principaux (résineux)

Portée	Ø rondins
4 m	16 cm
5 m	18 cm
6 m	20 cm

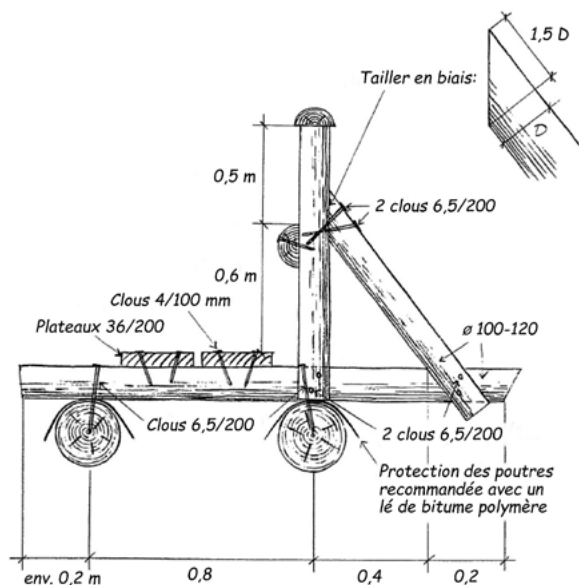


Fig. 81 : Coupe transversale avec balustrade (OFROU)

Informations complémentaires:

Pour de plus amples explications sur la construction de ponts pour piétons ou sur la protection du bois, nous vous renvoyons à la publication *Construire en bois sur les chemins pédestres* (OFEFP, 1992; OFROU 2009)

Passerelles

Utilisation

Les passerelles sont en règle générale des ponts relativement petits et pas très hauts. Elles sont utilisées pour permettre à des personnes de traverser des sections inondées, des plans d'eau ou des zones humides. Les passerelles conviennent également très bien pour la traversée de zones engorgées et sensibles, telles que les marécages, les zones alluviales ou d'alluvionnement.

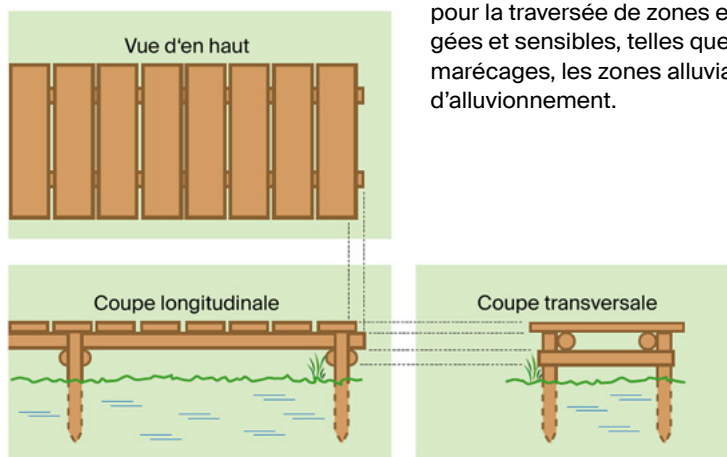


Fig. 82 : Construction d'une passerelle (OFROU)



Fig. 83 : Passerelle sur pilotis (OFROU)



Fig. 84 : Construction avec des poutres transversales (OFROU)

Planification

Pour la planification, on peut se référer à la planification des ponts.

Technique de construction

Construction: Les passerelles sont généralement construites entièrement en bois. Sur des terrains profondément engorgés (marais, marécages, zones inondées), il convient d'utiliser des piliers en gros rondins ou en béton comme éléments d'appui. Si le sol n'est humide qu'en

surface, il suffit d'appuyer la superstructure sur des traverses épaisses posées sur des pierres plates. Les longues passerelles devraient avoir une largeur minimale de 120 cm pour permettre aux usagers de se croiser aisément et pour ne pas les obliger à se rabattre sur le terrain attenant. En présence d'un risque de chute, des balustrades doivent être installées.

Exemple Passerelle simple en rondins: (voir Fig. 85)

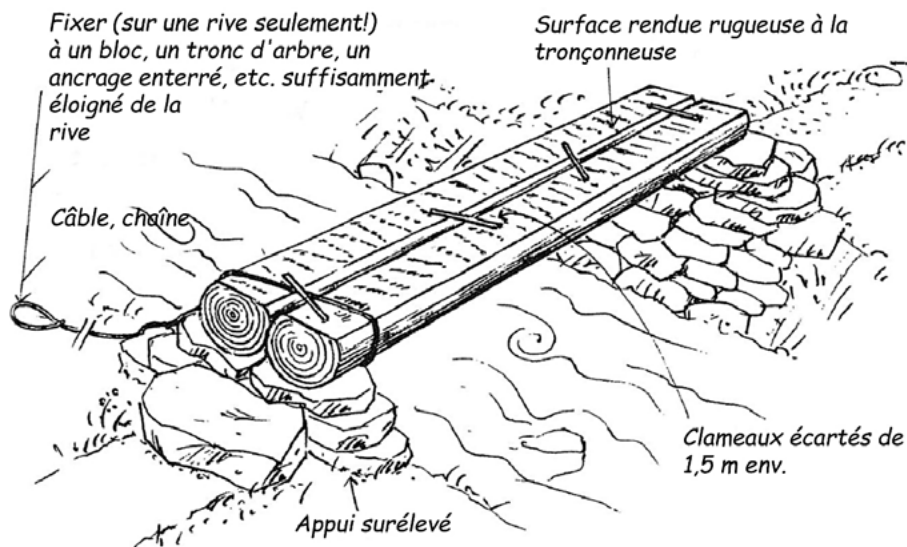


Fig. 85 : Passerelle en rondins (OFROU)

Passerelle triangulaire: Mesurer le profil sur le site d'installation

- Tendre le câble de mesure dans l'axe du pont et au niveau de la surface de circulation.
- Déterminer la distance entre les tréteaux, effectuer les mesures et marquer celles-ci sur le câble de mesure à l'aide d'un ruban adhésif.
- Déterminer la profondeur de l'eau et la hauteur des tréteaux avec la mire de nivellement.
- On peut également utiliser un niveau optique.

Croquis dimensionnel

- Numérototer les tréteaux et reporter les résultats des mesures sur le croquis dimensionnel.
- Indiquer les caractéristiques du lit du ruisseau et des berges.
- Noter la profondeur et la vitesse de l'eau.

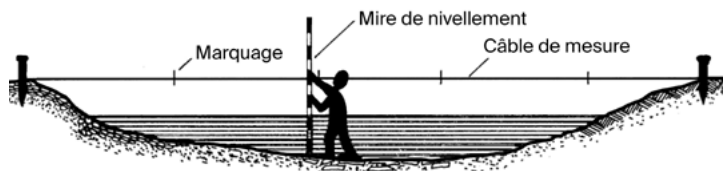


Fig. 86 : Mesurer le profil du terrain (OFROU)

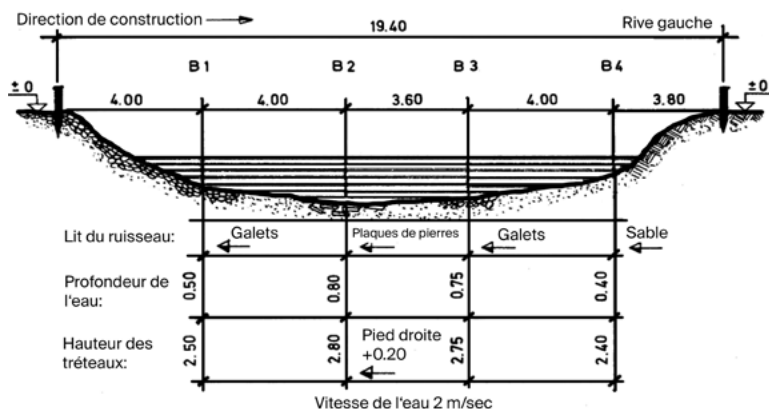


Fig. 87 : Croquis dimensionnel (OFROU)

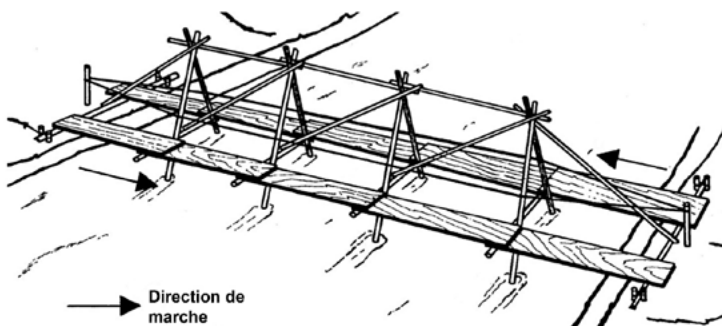


Fig. 88 : Représentation spatiale (OFROU)

**La distance maximale
entre deux tréteaux
est de 3,5 mètres.**

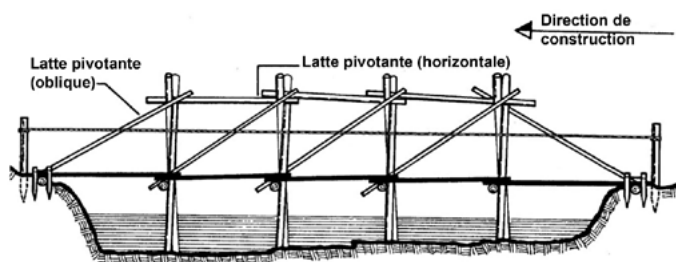


Fig. 89 : Vue latérale (OFROU)

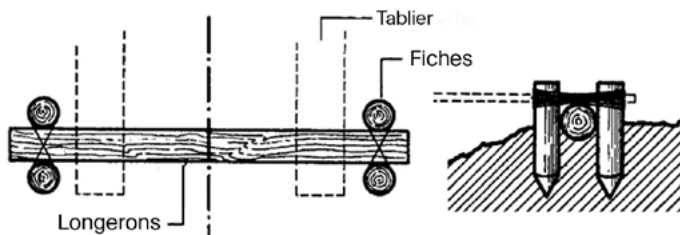


Fig. 90 : Longerons (OFROU)

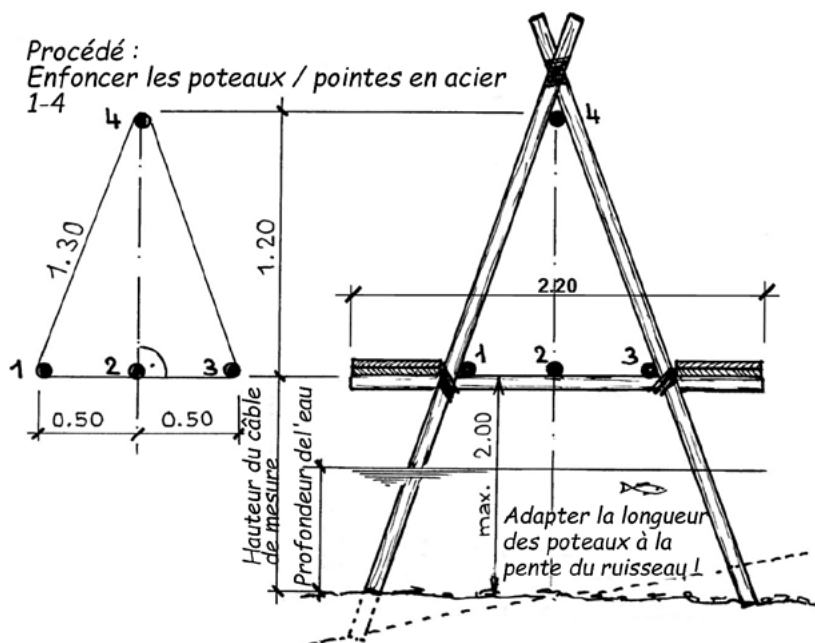


Fig. 91 : Montage du chevalet et assemblage des poteaux (OFROU)

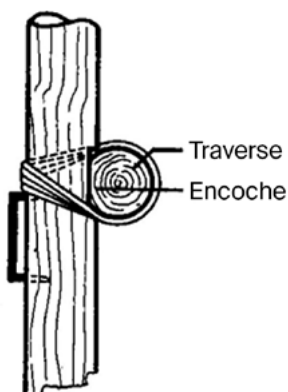


Fig. 92 : Fixation de la traverse au pied du chevalet (OFROU)

Ouvrages avec systèmes d'échafaudage

Introduction aux systèmes d'échafaudages pour les interventions (EGS)

Les constructions auxiliaires jouent un rôle important dans la gestion de nombreux événements. Toutefois, la sécurité en matière de charges et de statique ne peut être obtenue qu'avec des matériaux définis et testés. En effet, la statique et la capacité de charge d'une poutre trouvée dans le galetas des grands-parents est bien plus difficile à évaluer. On perçoit donc bien les principaux avantages d'un système modulaire et testé auxquels s'ajoutent d'autres avantages lors de l'utilisation :

- Système universel et adapté à de nombreuses situations différentes
- Une grande efficacité pour un faible coût de formation
- Robuste, pratiquement sans frais d'entretien
- Compatible avec le matériel de construction d'échafaudages utilisé dans le secteur de la construction
- Montage simple nécessitant peu d'outils
- Avantageux
- La statique des constructions réalisées selon le manuel EGS du THW est prouvée

Le manuel Einsatzgerüstsystem (EGS) du Technisches Hilfswerk (THW) est disponible sur Internet (uniquement en allemand).



[www.thw-egs.de/
downloads](http://www.thw-egs.de/downloads)

Nous avons choisi de présenter quelques exemples d'utilisation de ce système d'échafaudage qui pourraient convenir aux interventions de la protection civile suisse.

Les informations concernant d'autres utilisations de l'EGS – construction de trépieds, pylônes, plates-formes de travail, supports de plafonds ou de murs, tour d'entraînement – peuvent être consultées dans le manuel du THW.

L'OFPP considère que le système d'échafaudage EGS recèle un fort potentiel qu'il convient d'exploiter, car il est susceptible d'intéresser les organisations de protection civile et les cantons.

Le Forum suisse du matériel de protection civile pourrait de ce fait jouer un rôle important dans le processus d'évaluation afin que soient mises à disposition à l'avenir des solutions communes permettant d'exploiter au mieux les synergies, tant dans le domaine de la formation que lors des interventions.

Passerelle en cas de crue

Cette passerelle sert de chemin de fortune pour les piétons en cas de crues. Elle peut également être utilisée pour le franchissement de décombres ou d'autres obstacles.

- Longueur: 18 m
- Surface de marche: 2 m au-dessus du sol
- Hauteur totale: 3 m
- Capacité de charge maximale: 5 kN/m²
- Construite par une équipe en 20 à 60 minutes.

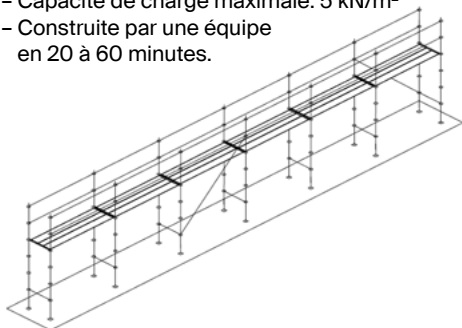


Fig.93 : Croquis d'une passerelle en cas de crue réalisées avec un échafaudage EGS (THW)



Fig.94 : Passerelle EGS enjambant des décombres (THW)



Fig.95 : Passerelle EGS en cas de crue (THW)

Passerelles et ponts

Passerelles autoportantes de différentes longueurs pour franchir différents obstacles.



Fig.96 : Passerelle autoportante d'une portée de 9 mètres (THW)

Passerelle autoportante d'une portée de 6 mètres

- Longueur totale: 12 mètres
- Capacité de charge maximale: 5 kN/m²
- Construite par une équipe en 60 à 90 minutes

Passerelle autoportante d'une portée de 9 mètres

- Longueur totale: 15 mètres
- Capacité de charge maximale: 5 kN/m²
- Construite par une équipe en 90 à 120 minutes

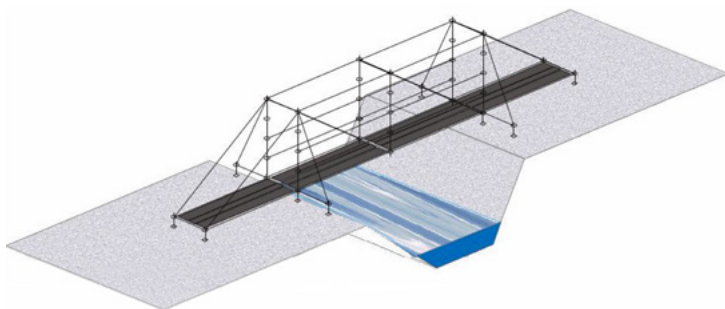


Fig. 97 : Passerelle autoportante d'une portée de 9 mètres (THW)

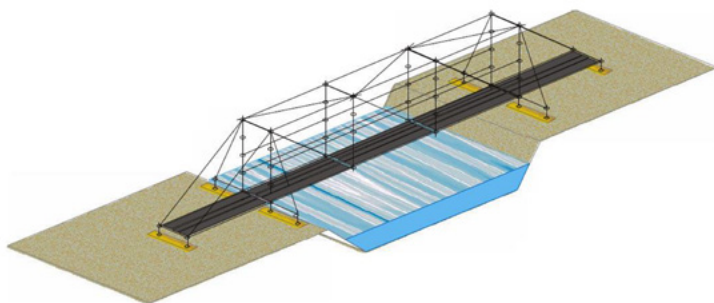
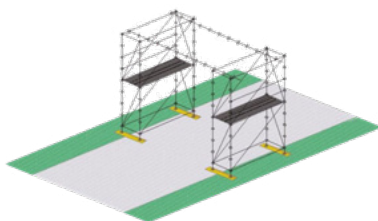


Fig. 98 : Passerelle autoportante d'une portée de 6 mètres (THW)

Poste de décontamination / Sas de décontamination

Le sas peut être utilisé comme plateforme de travail ou pour l'installation de dispositifs servant au nettoyage, à la désinfection et décontamination

de véhicules d'intervention ou d'autres véhicules et équipements. On peut installer un sas simple qui permet un accès à un côté du véhicule ou un sas complet sous lequel on place le véhicule pour un nettoyage par les deux côtés et le haut.



- Capacité de charge maximale des barres verticales : $0,4 \text{ kN/m}^2$
- La capacité de charge maximale du pont est de 1 kN/m^2 par surface de marche
- Construit par une équipe en 20 à 40 minutes

Fig. 99 : Sas simple avec des barres verticales posées en oblique en vue de l'installation de dispositifs d'arrosage (THW)

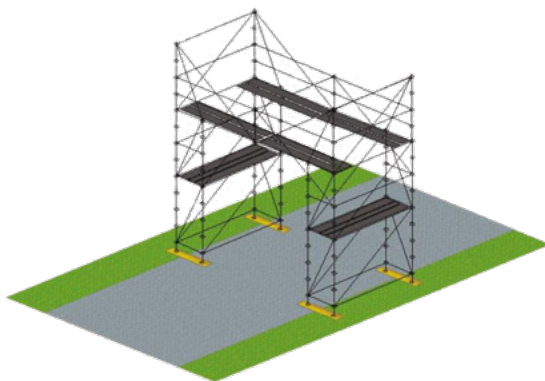


Fig.100 : Sas pour un nettoyage complet par les côtés et par le haut (THW)

Éditeur

Office fédéral de la protection de la population OFPP
Division Protection civile et formation
Kilchermatt 2
3150 Schwarzenburg
Suisse

kurse@babs.admin.ch

www.babs.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de la protection de la population OFPP