



# chutes en crevasse et amarrages en neige

Laboratoire d'essai des matériels de montagne

ENSA 2013

## INSTITUTIONS ET AUTEURS

ENSA : Valérie Aumage, Philippe Batoux, Jean-Franck Charlet, Michel Fauquet, Paul Robach.

CNISAG : Blaise Agresti, Cyril Gravier, Yann Gérome.

FFME : Gaël Bouquet des Chaux, Pierre-Henri Paillason.

CNEAS : Yoann Haberey.

Sécurité civile : Michel Pierre.

Cette étude a reçu le soutien financier du Ministère des Sports, de la Jeunesse, de l'Éducation populaire et de la Vie associative (MSJEP-VA) et de l'Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP)





Encordement à trois lors de la traversée de la vallée blanche.

## RÉSUMÉ

Le laboratoire d'essai de matériel de montagne de l'ENSA a réalisé en septembre 2012 une étude sur la progression en corde tendue. Nous nous sommes intéressés à deux cas: la progression en corde tendue sans et avec point intermédiaire.

Cette étude a permis d'identifier le type de corde le mieux adapté à la randonnée glaciaire. Nous avons également étudié la pertinence de la présence de nœuds de freinage sans parvenir à un résultat.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- 1) mesurer l'incidence de la longueur d'encordement sur la force engendrée sur l'assureur
- 2) évaluer l'efficacité des nœuds de freinage sur la corde

3) est il possible de s'encorder directement sur un bloqueur mécanique: ropeman de Wild Country, Duck de Cong, tibloc de Petzl et microtraxion de Petzl ? Existe t il un risque d'endommager la corde ?

4) mesurer la résistance de différents pieux à neige et notamment à la demande du CNISAG les pieux utilisés par le PGHM pour les sauvetage en crevasse.

Mots clefs : amarrages en neige, crevasse, encordement, randonnée glaciaire.

## INTRODUCTION

### CHUTES EN CREVASSES

#### Introduction

Lors d'une évolution sur glacier, afin de limiter les conséquences d'une chute en crevasse, les alpinistes progressent encordés, à une distance d'au moins 12 mètres, la corde tendue, sans anneaux à la main. L'observation montre qu'il est toujours difficile d'enrayer une chute en crevasse, ce qui nous a amené à poser les questions suivantes :

- 1) La distance d'encordement entre les membres de la cordée influence-t-il les forces engendrées sur l'assureur ?
- 2) Des nœuds sur la corde permettent-ils de baisser la force engendrée sur l'assureur ?

Pour répondre à ces questions, nous avons effectués des tests dans une crevasse à proximité du Gros Rognon sous le col du Midi Nous avons fait chuter dans une crevasse, de façon reproductible, une masse rigide de 80 kg, reliée par différentes cordes à un ancrage équipé d'un capteur de force. Nous avons testé les trois types de cordes dynamiques. Les tests ont été répétés avec des nœuds sur la

corde.

Les cordes utilisées pour le test :

corde jumelée : Ice twin (Béal) 7,7 mm
--

corde à double : Ice line (Béal) 8,1 mm
---

corde à simple : Joker (Béal) 9,1 mm
--------------------------------------



le site : une crevasse située à l'entrée de la vraie vallée blanche sous le Gros Rognon - 3500 mètres.

## PIEUX À NEIGE CNISAG / PGHM

### Protocole

Les tests ont été réalisés sous le refuge des Cosmiques à 5 mètres de la fissure Leroux.

La neige est récente mais compte tenu de la température 4° à 7h du matin humide avec une teneur importante en eau.

Cette neige est particulièrement favorable aux ancrages en neige, à l'opposé des conditions que nous avons eu en septembre 2012

Un capteur dynamométrique et un tire fort sont fixés sur un relais composés de deux goujons reliés par une chaîne.

Les pieux sont testés dans les deux sens ( $\leftarrow C$  et  $\leftarrow \ominus$ ) et avec deux inclinaisons : soit perpendiculairement à l'axe de traction (noté 0°) soit en inclinant le pieu de 25° par rapport à l'axe de traction.

Cinq mesures ont été réalisées pour chaque pieu et chaque positionnement. Le résultat indiqué dans le tableau est la valeur moyenne en ayant retiré de la série les valeurs extrêmes.

### Analyse des résultats

Les meilleurs résultats sont obtenus avec un angle de 25°  
Le sens de positionnement optimal dépend du pieu mais aussi de l'inclinaison.

Les câbles de fixation sont sous dimensionnés par rapport à la résistance des pieux.

La matière et l'épaisseur sont sur dimensionnées. Nous n'avons tordu ou cassé aucun pieu malgré des forces de traction de 1400 daN. Il est possible d'alléger les pieux avec une matière plus fine.

Les angles des trous et des bords des pieux devraient être arrondis. Lors du pivotement du pieu dans la neige pendant la traction, la corde est venue toucher le bord acéré du pieu qui a coupé net la corde de 11 mm.

Compte tenu des valeurs lors des chutes en crevasses les pieux présentent des valeurs suffisantes pour retenir les chutes en crevasses classiques.



Pieu CNISAG en position de traction  $\leftarrow C$

type de pieu	sens de traction	angle d'introduction	résistance en daN	Commentaire
Pieu PGHM 51 *13 cm	← C	0°	242	
Pieu PGHM 51 *13 cm	← ∅	0°	160	
Pieu PGHM 51 *13 cm	← C	25°	242	
Pieu PGHM 51 *13 cm	← ∅	25°	281	
Pieu PGHM 68 *15 cm	← C	0°	252	
Pieu PGHM 68 *15 cm	← ∅	0°	283	
Pieu PGHM 68 *15 cm	← C	25°	483	
Pieu PGHM 68 *15 cm	← ∅	25°	342	
Pieu PGHM 97*12 cm	← C	0	620	rupture câble
Pieu PGHM 97*12 cm	← C	25°	690	rupture câble
Pieu PGHM 97*12 cm attache corde statique 11 mm	← C	0°	400	
Pieu PGHM 97*12 cm attache corde statique 11 mm	← C	25°	1400+	arrêt de traction à 1400 daN pour raison de sécurité, gaine corde coupée
Pieu PGHM 97*12 cm attache corde statique 11 mm	← ∅	25°	920	rupture de la corde sur l'arête suite au pivotement du pieu



la gaine de la corde s'est coupée dans le trou lors de la traction (1400 daN)

## DIVERS ANCRAGES EN NEIGE

---

### PROTOCOLE

le protocole est le même que pour les pieux «PGHM»

### ANALYSE DES RÉSULTATS

La neige est récente mais compte tenu de la température 4° à 7h du matin humide avec une teneur importante en eau.

Cette neige particulièrement favorable aux ancrages en neige donne des valeurs très rassurantes pour tous les ancrages en neige réalisés.

Il est important de préciser que ces valeurs sont non loin d'être les valeurs maximales pour des ancrages en neige et que ces valeurs peuvent être réduites à zéro dans de la neige fraîche et froide.



Pieu Mountain Technology : rupture à 450 daN en tirant en <.

type d'amarrage	sens de traction	angle d'introduction	résistance en daN	Commentaire
mountain technology équerre 60 cm	← <	0°	290	
mountain technology équerre 60 cm	← >	0°	300	
mountain technology équerre 60 cm	← <	25°	450	rupture du pieu au niveau d'un trou
mountain technology équerre 60 cm	← >	25°	383	rupture du pieu au niveau d'un trou
1 ski planté		25°	200	
2 skis ensemble plantés		25°	250	
2 skis ensemble planté main en blocage		25°	300	
skis en croix couplage sur chaque ski		25°	314	
skis en croix reliés à leur croisement		25°	300	
bâtons plantés verticalement		0°	195	poignées arrachées
bâtons Deseze plantés verticalement		0°	200	
bâtons Deseze en T recouverts de neige tassée			395	
piolet planté à 25°		25°	100	
champignon de neige (pas tassée) 1,5 m de Ø corde statique 11mm :			240	
bouteille coca cola 0.5 l remplie			270	liaison par cabestan
sac plastique rempli de neige			200	liaison par tête d'alouette

## CHUTES EN CREVASSE AVEC DES NŒUDS DE FREINAGE

### Objectif :

Mesurer la force engendrée lors d'une chute en crevasse en fonction de la présence ou non de nœuds sur la corde et du type de corde (attache ou corde à double).

### Protocole :

Sur terrain glaciaire enneigé de faible déclivité une masse est suspendue au dessus de la crevasse par un déclencheur sur une corde accrochée à un trépied. Un système de freinage avec un capteur est installé pour pouvoir freiner sur une distance de 3,5 mètres et se bloquer ensuite sur des corps morts.

Le système est un palan qui glisse à une tension constante de 75 daN de moyenne (variations de 70 à 80 daN)

Chaque essai est filmé afin de pouvoir analyser la pénétration des nœuds dans la neige.

Les nœuds d'encordement sont des nœuds en 8 pressés au laboratoire à 80 daN. Le premier nœuds de freinage est disposé à trois mètres de la masse, puis deux autres nœuds sont installés tous les 2 mètres. Les nœuds sont pressés au laboratoire de l'ENSA à 80 daN (cf fascicule nœuds et encordements).

### les tests :

3 chutes avec un encordement à 12 m, et la corde Ice line

3 chutes avec un encordement à 12 m, et la corde Ice line avec des nœuds de freinage tous les 2 mètres

3 chutes avec un encordement à 12 m, et la corde Joker

3 chutes avec un encordement à 12 m, et la corde Joker avec des nœuds de freinage tous les 2 mètres

### les courbes :

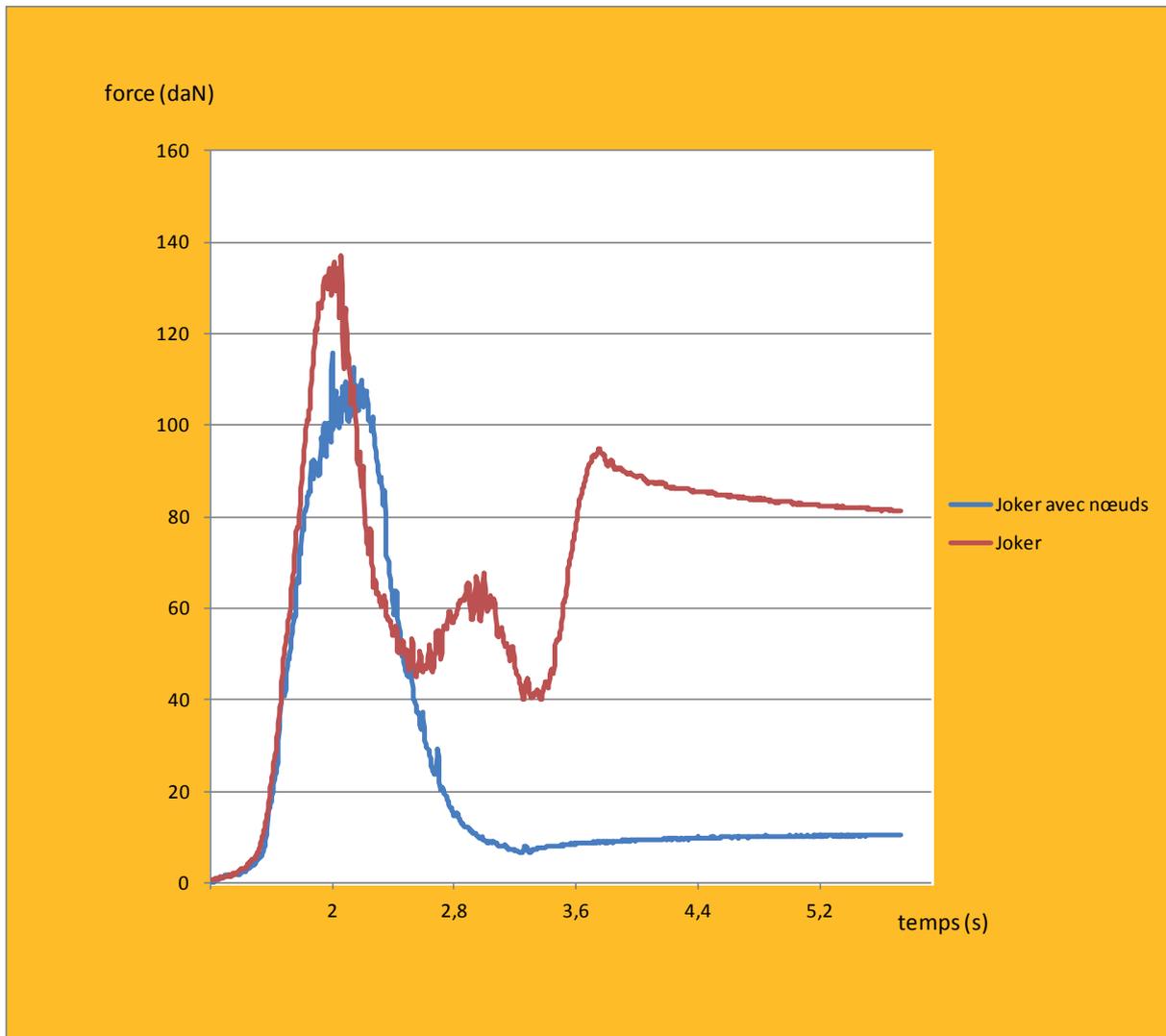
les courbes présentées sont les moyennes des courbes obtenues sur chaque essai.



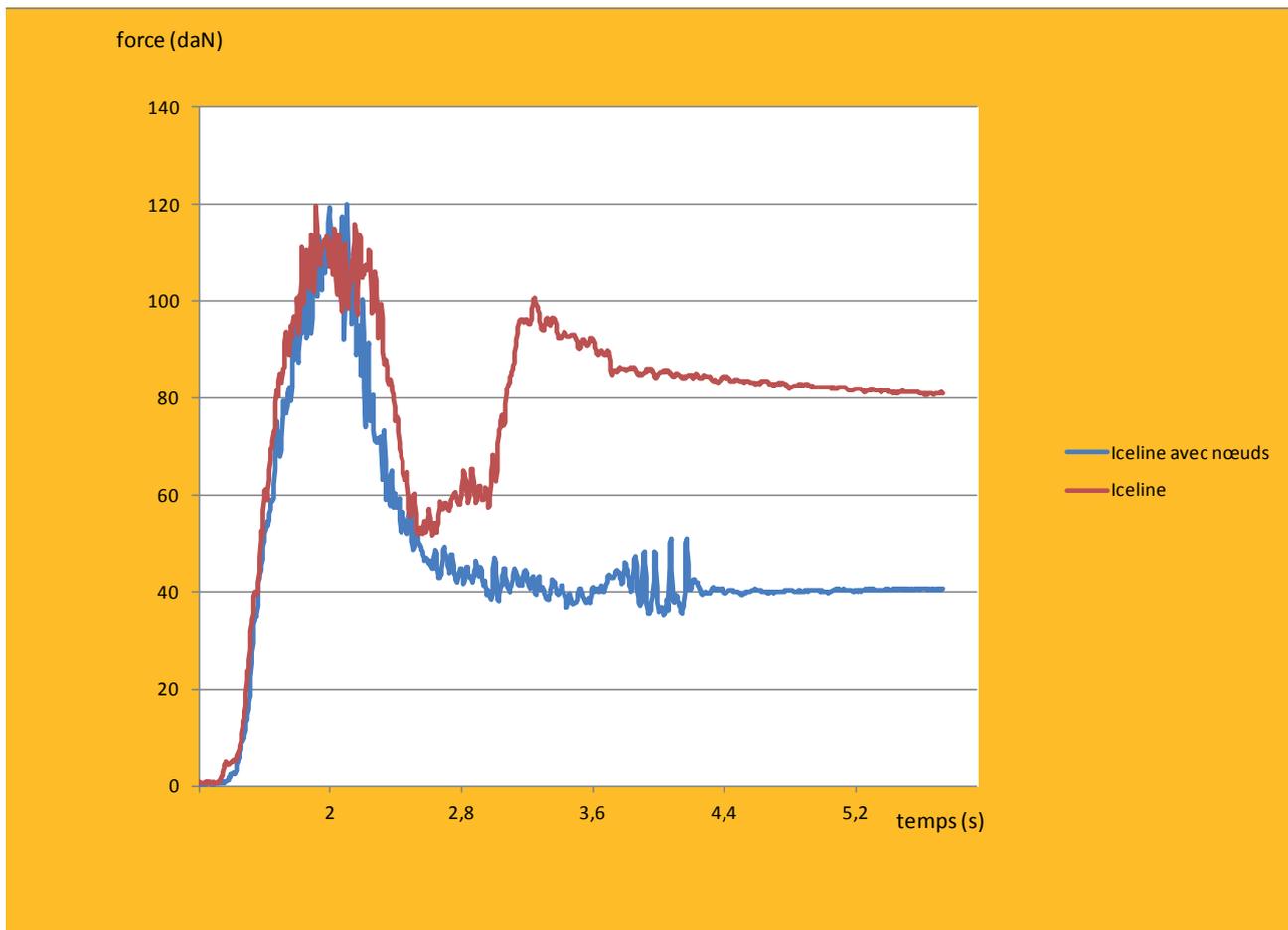
système de glissement à résistance constante permettant de simuler l'entraînement de la personne en surface lors d'une chute en crevasse.



## LES RÉSULTATS



Comparaison de la force retransmise à la personne en surface lors d'une chute en crevasse avec un système simulant le glissement de l'assureur sur 3 mètres pour la corde à simple 9.1mm joker de Béal avec et sans nœuds de freinage.



Comparaison de la force transmise à la personne en surface lors d'une chute en crevasse avec une corde à double 8,1 mm (ice line Béal) avec et sans nœuds de freinage.

## ANALYSE DES RÉSULTATS

Avec la corde à simple les nœuds ont réduit de 138 à 110 daN la force maximale engendrée sur l'assureur, soit une réduction de 20%. En fin de chute alors que la tension sur la corde sans nœuds est de 80 daN elle n'est plus que de 10 daN sur la corde avec nœud, une réduction de 87.5%.

Elle devient même nulle lorsque l'on débraye le système de freinage. Cela signifie que la personne restant en surface n'a pas de tension pour installer son amarrage.

Avec la corde à double les nœuds n'ont pas d'incidence sur la force maximale engendrée sur l'assureur. Par contre la tension décroît sensiblement plus rapidement avec la corde à nœuds. En fin de chute alors que la tension sur la corde

sans nœuds est de 80 daN elle n'est plus que de 40 daN sur la corde avec nœud, une réduction de 50%.

Dans cette configuration de crevasse, à chaque essai en fin de chute le nœud le plus proche de la masse ressort de la neige. Cela signifie que la masse n'est bloquée que par 2 nœuds et il ne semble pas intéressant de faire des nœuds plus proche du chuteur.

Ces résultats prouvent l'efficacité des nœuds de freinage. Comme on pouvait s'y attendre les nœuds se sont révélés bien plus efficaces sur la plus grosse corde.

Il faut garder en mémoire que lors des tests en septembre dernier dans une neige froide et récente les nœuds n'avaient pas eu d'incidence.

**Dans une neige dense et humide les nœuds de freinage sont particulièrement efficaces. Ils entraînent une baisse de 87,5% de la tension en fin de chute avec une corde à simple (9.1 mm) et de 50% avec une corde à double (8.1 mm).**

## COMPARAISON MASSE RIGIDE CORPS HUMAIN.

### OBJECTIF :

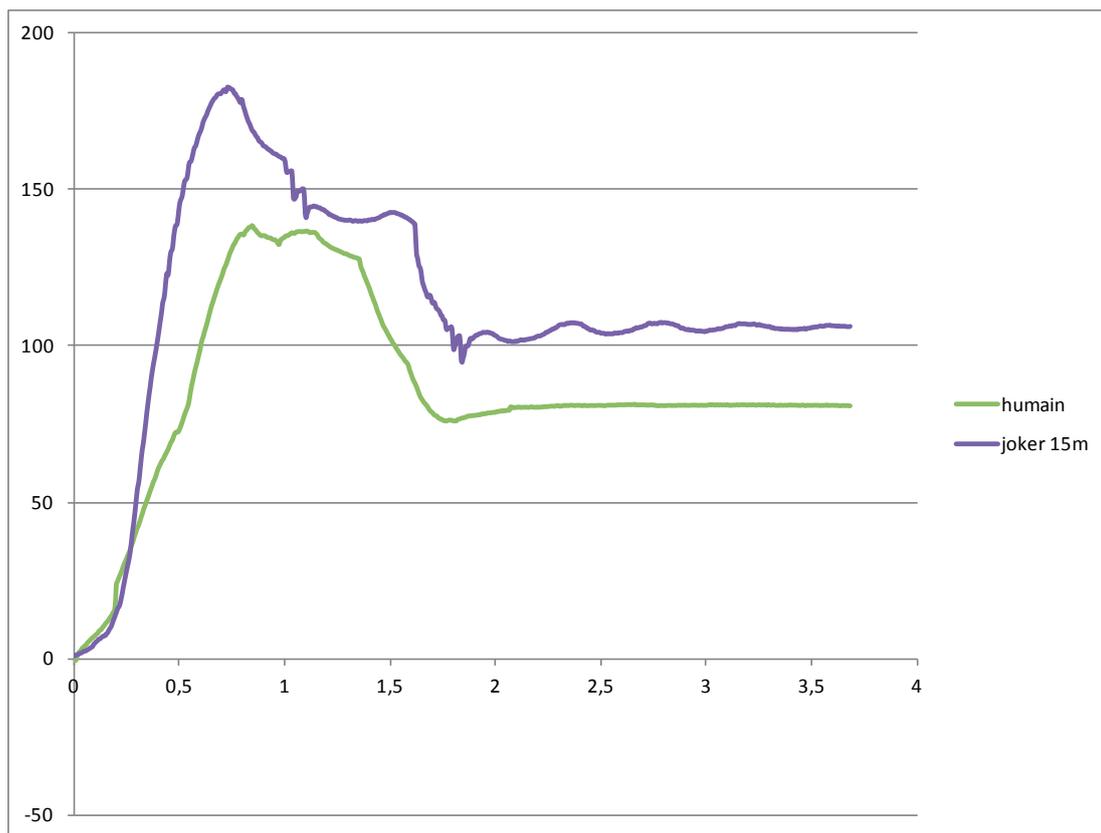
Mesurer les capacités d'absorption du corps humain par rapport à une masse rigide afin de pouvoir par un calcul simple estimer les forces réelles mises en jeu.

### PROTOCOLE :

Sur terrain glaciaire enneigé de faible déclivité. Un grimpeur de 80 kg tout compris est suspendu par un déclencheur sur une corde accrochée à un trépied. Un capteur est installé sur le grimpeur.

Les nœuds d'encordement sont des nœuds en 8 préserrés au laboratoire à 80 daN.

3 chutes avec un encordement à 12 m et la corde Ice line.



comparaison masse rigide corps humain.

### ANALYSE

Le maximum est de 182 daN pour la masse rigide contre 138 daN pour l'humain, soit 32 % en plus.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par l'étude PETZL AFNOR

## LES ENCORDEMENTS SUR BLOQUEUR

### OBJECTIF :

Déterminer si il est possible de s'encorder en randonnée glacière sur un bloqueur mécanique du type ropeman tibia, microtraxion, duck (Cong). Voir si la corde est endommagée ?

### PROTOCOLE :

Sur terrain glacière enneigé de faible déclivité une masse est suspendue au dessus de la crevasse par un déclencheur sur une corde accrochée à un trépieds et reliée par une corde à double de 8,1 mm, ou jumelée 7.6 mm, fixée par un bloqueur à un corps mort muni d'un dynamomètre.

### LES TESTS :

3 chutes avec un encordement sur ropeman à 12 m, et la corde Joker

3 chutes avec un encordement sur tibloc à 12 m, et la corde Joker

3 chutes avec un encordement sur microtraxion à 12 m, et la corde Joker

3 chutes avec un encordement sur duck à 12 m, et la corde Joker

### RÉSULTATS

Le fait de s'encorder sur un bloqueur mécanique n'a pas d'influence sur les forces mises en jeu.

Les cordes ne glissent pas dans les bloqueurs lors des chutes. Compte tenu des forces engendrées par les chutes en crevasse il n'y a pas de risque de rupture de la corde.

Dans tous les cas les cordes ont été écrasées par les cames des bloqueurs.

Lors de l'utilisation de bloqueur à picots la gaine a été trouée par les picots



déchirure de la gaine d'une corde jumelée (ice twin) lors d'une chute en crevasse avec un encordement sur tibloc.



Chute en crevasse avec un encordement sur microtraxion™ de Petzl, les picots ont traversé la gaine.



Sur le brin de droite on voit le pincement dû à l'écrasement par les comes du ropeman lors d'une chute en crevasse

**Compte tenu des dégradations engendrées sur les cordes, nous déconseillons l'utilisation de bloqueurs mécaniques pour s'encorder.**

## **LES ENCORDEMENTS SUR CORDELETTE ET NŒUDS AUTOBLOQUANT**

L'encordement sur les nœuds français et Machard tressé n'abîme pas la corde ; le glissement de la corde dans le nœud est négligeable, la corde ne subit pas d'écrasement ni de brûlure.

**L'utilisation pour s'encorder de nœuds autobloquants Machard tressé et français est envisageable. Cet encordement est recommandé pour la personne du milieu dans une cordée de trois. Il est important de bien serrer les nœuds et de les vérifier au cours de la course.**

## PROTOCOLE POUR MESURER L'INCIDENCE DE LA LONGUEUR D'ENCORDEMENT

### OBJECTIF :

Mesurer la force sur engendrée lors d'une chute en crevasse en fonction de la distance entre les deux membres de la cordée.

### PROTOCOLE :

Sur terrain glaciaire enneigé de faible déclivité. Une masse est suspendue au dessus d'une crevasse par un déclencheur sur une corde accrochée à un trépieds. Un capteur est installé sur des corps morts.

Les nœuds d'encordement sont des nœuds en 8 pré-serrés au laboratoire à 80 daN.

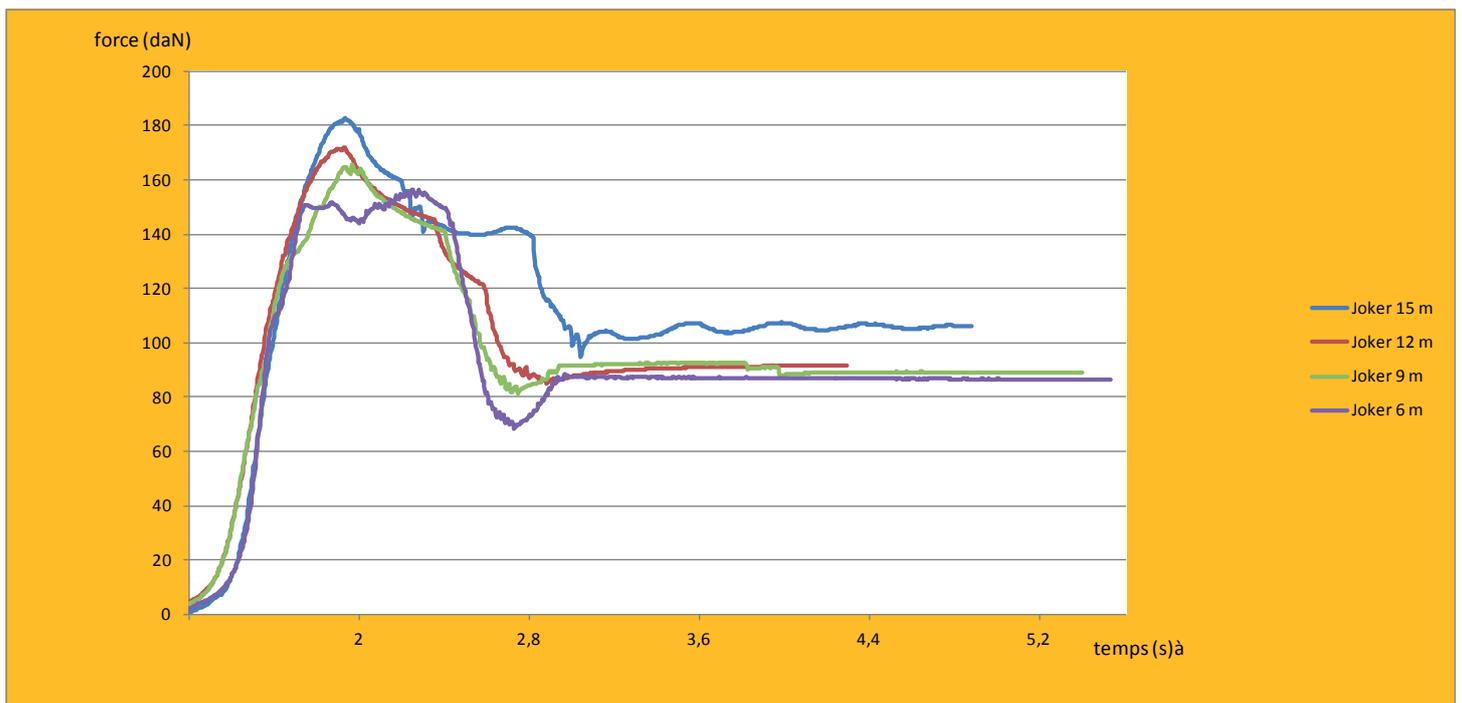
les tests :

3 chutes avec un encordement à 15 m, corde Joker

3 chutes avec un encordement à 12 m, corde Joker

3 chutes avec un encordement à 9 m, corde Joker

3 chutes avec un encordement à 6 m, corde Joker



force engendrée sur l'assureur en fonction de la distance d'encordement

## ANALYSE DES RÉSULTATS

La chute étant constante nous avons imaginé qu'en augmentant la longueur de corde, et donc en diminuant le facteur de chute, puisque la hauteur de chute reste constante la force sur l'assureur devrait baisser en augmentant la distance d'encordement.

Or c'est l'inverse qui se produit : la force engendrée sur l'assureur diminue lorsque la distance d'encordement diminue.

La norme sur les cordes dynamiques à simple impose un allongement sous 80 daN inférieur à 10%. Afin d'obtenir la force de choc la plus basse possible les cordes sont proches de cette limite.

Avec un encordement à 15 mètres, la chute est allongée de plus de 90 cm par rapport à un encordement à 6 mètres.

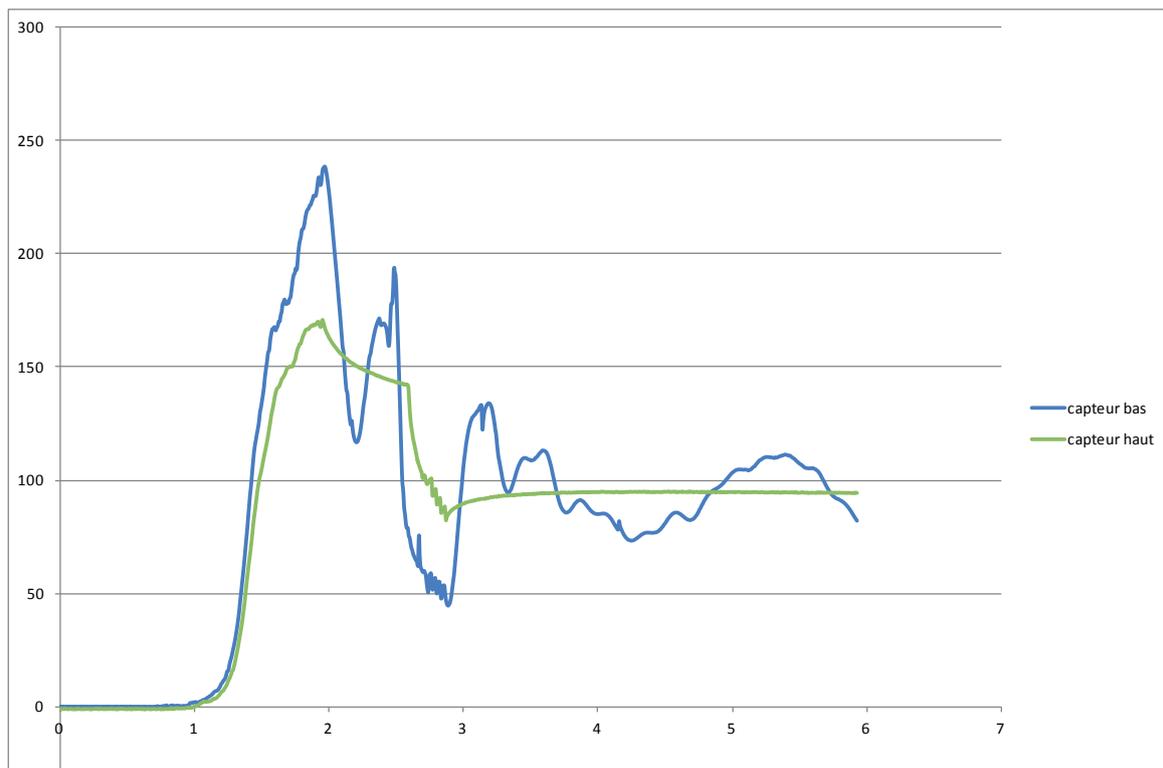
Cette hauteur de chute supplémentaire explique la décroissance des forces en fonction de la distance d'encordement.

Lors des chutes avec un encordement à 15 mètres la force sur l'assureur après la chute est de 100 daN soit 20 daN de plus que le poids de la masse tombante.

Lorsque la masse tombe, la corde s'allonge ; dès que l'énergie cinétique de la chute est consommée par l'élasticité de la corde (et les frottements dans la neige), celle-ci se rétracte en oscillant jusqu'à sa position d'équilibre. Nous supposons que les forces de frottements dans le manteau neigeux empêchent la corde de reprendre sa position d'équilibre, la bloquant sous tension et générant cette force supérieure au poids de la masse.

## LA CORDE : UN AMORTISSEUR

Nous avons placé un capteur sur la masse tombant dans la crevasse et un capteur en surface. La distance d'encordement est de 15 mètres et la corde est une corde à simple. (Joker 9,1 mm)



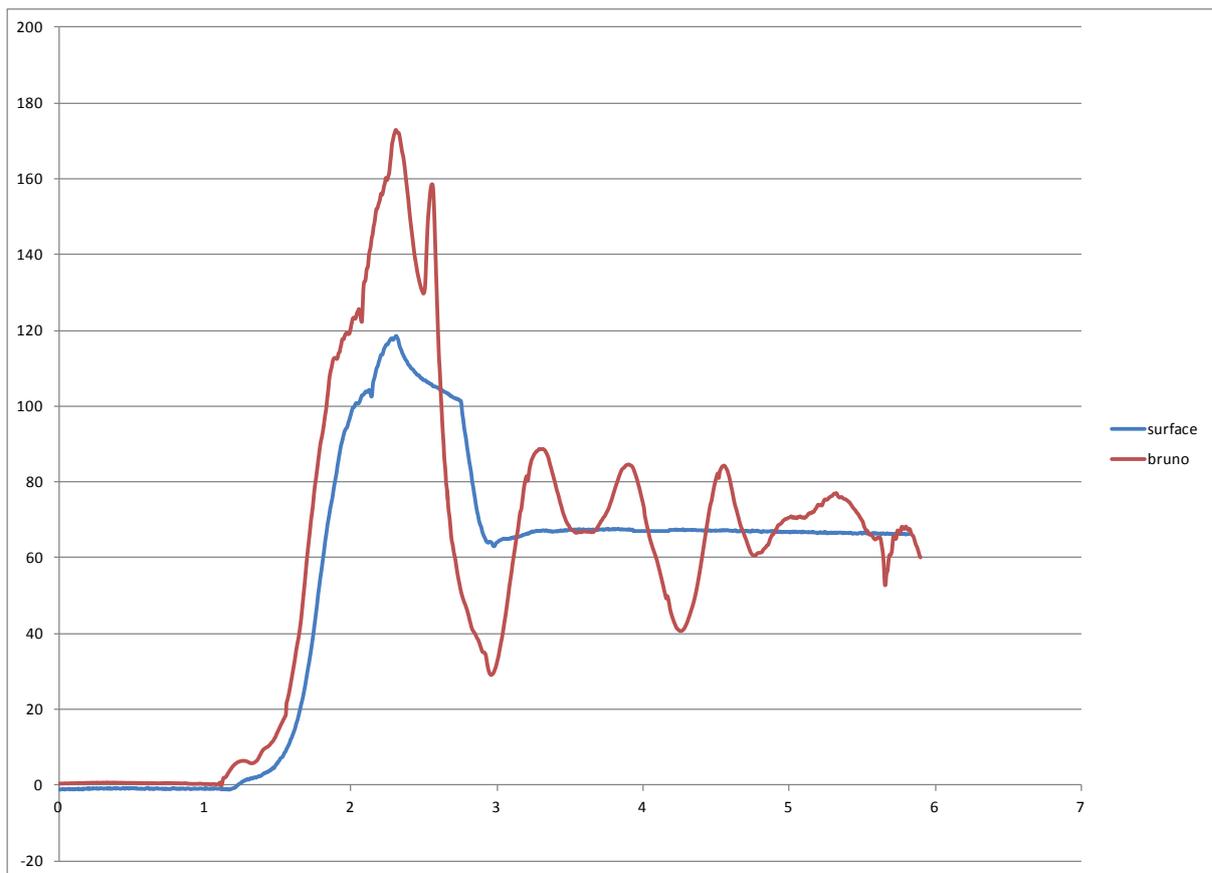
Comparaison force capteur en surface et capteur sur la masse qui tombe (corde joker encordement à 15 mètres)

## ANALYSE DES COURBES

La différence entre les deux courbes illustre l'absorption du choc par la corde et les forces de frottement dans la neige. Le chuteur oscille en fin de chute ; ses oscillations sont amorties et non retransmises en surface.

La chute dans cette crevasse est pendulaire ; la masse vient heurter le bord de la crevasse et oscille ensuite autour du point d'équilibre. Nous avons obtenu les mêmes profils de courbes lors de la chute de Bruno Sourzac, cf figure page 17.

La force maximale transmise à l'assureur est de 172 daN et la force maximale sur le chuteur est de 238 daN soit 38% de plus.



Comparaison entre la force sur la personne en surface et celle tombant dans la crevasse (chute de Bruno Sourzac corde Joker et encordement à 15 mètres )

## ANALYSE DES COURBES

Le passage de la corde au travers de la lèvre de la crevasse (frottements) et l'élasticité de la corde diminuent la force maximale transmise à l'assureur de 45%.

Les oscillations subies par le chuteur sont totalement amorties et non retransmises à l'assureur.

## PERSPECTIVES

---

Les essais nous ont fait remarquer que la nature de la gaine avait une importance non négligeable dans la mécanique de la chute.

Les frottements corde/neige varient considérablement en fonction du type de gaine et l'arrêt de la chute peut être facilité par tel type de gaine.

Une étude sur l'incidence du type de gaine pourra être envisagée