

Progressions sur agrès en spéléologie

Des mesures en situation réelle

par Gaël MONVOISIN et Pierre-Bernard LAUSSAC¹

La plupart des tests réalisés sur du matériel de progression en spéléologie l'ont été avec des gueuses en laboratoire. Il paraissait donc judicieux de mesurer également les contraintes subies par le matériel et ses utilisateurs en conditions réelles de pratique spéléologique. En effet, les valeurs obtenues en laboratoire ne reflètent pas forcément la réalité. Un spéléologue en chair et en os ne se comporte pas comme une masse rigide de 80 kg...

Pour répondre à cet objectif, une batterie de tests techniques a été menée par l'EFS, en partenariat avec les établissements Petzl. V-Axess nous a accueillis dans sa tour de tests. Le suivi technique des tests a été fait par les ingénieurs de Petzl. Tous les tests ont été quantifiés avec des dynamomètres de type Enforcer de marque Rock Exotica. En parallèle, tous les tests ont été couverts par un tournage de vidéos qui serviront de supports pédagogiques pour la formation. La fondation Petzl a financé la réalisation de ces vidéos.

Le Groupe d'études techniques et l'EFS ont mené deux campagnes de tests, en mai 2014 et en janvier 2015, afin de quantifier les efforts et les contraintes subis par le



Photographie 1: Tournage d'images pendant les tests de chutes sur main courante. Cliché Gaël Monvoisin.

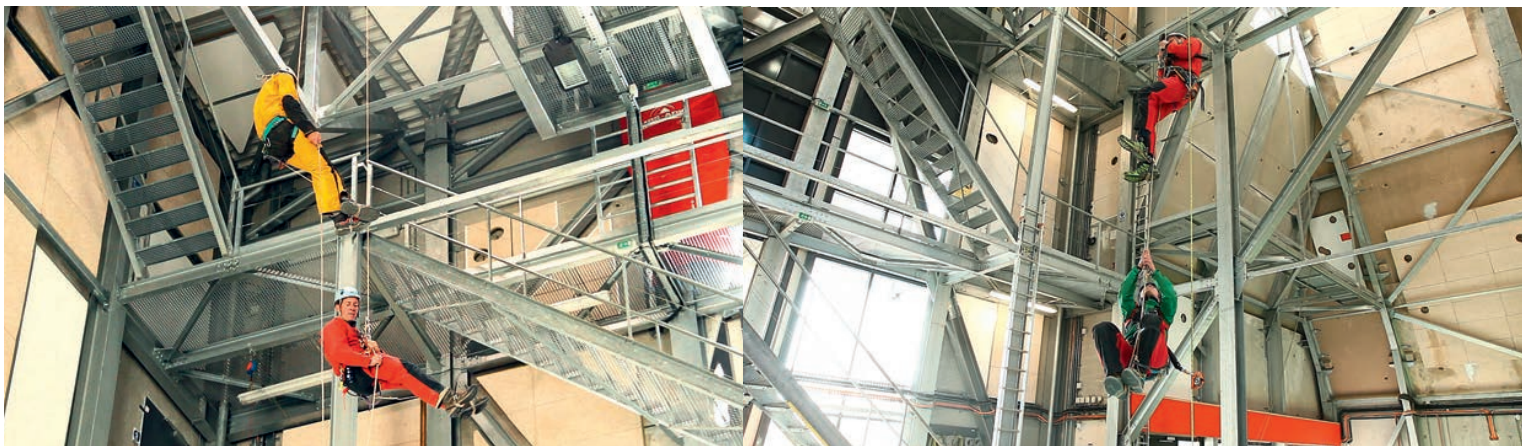
matériel lors du déplacement de spéléologues sur des agrès, en condition normale d'utilisation ou lorsqu'un « incident » se produit (glissade, chute, rupture d'amarrage...). Les résultats de tous ces tests sont consultables dans les numéros 62 et 63 d'Infos-EFS² et un film a été réalisé lors de ces deux campagnes de tests³ (photographie 1) reprenant tous les résultats.

Ces tests ne considèrent que les agrès eux-mêmes et les efforts engendrés sur les cordes ou les spéléologues, sans tenir compte de la qualité des amarrages, toujours supposés irréprochables (les IPN de la tour de tests V-Axess).

1 Progression sur cordes verticales

Quelles sont les forces appliquées à l'amarrage lors de la progression d'un spéléologue sur une corde verticale ?

Il a été choisi de faire les tests sur une longueur de 20 m pour prendre en compte l'influence de l'élasticité de la corde. Le dynamomètre était placé sur l'amarrage. Pour rappel, la résistance nominale d'une corde semi-statique de spéléologie (pour une corde de 8 mm ou 9 mm en bon état) est d'environ 1800 daN. Cette valeur diminue de 30 % à 50 % avec un nœud, soit environ 1000 daN. Nous retiendrons ces valeurs comme comparaison des marges de sécurité tout au long des tests.



Photographies 2 et 3 : Descente fluide ou brutale. Remontée à deux sur la même corde. Clichés Julien Bozzato.

1a ■ À la descente

Protocole

Nous avons testé plusieurs modes de descente (régulière ou brutale – avec à-coups, descente rapide et freinage net), en variant le gabarit des spéléologues et le diamètre des cordes (photographie 2).

Résultats

Lors d'une descente régulière, le spéléologue engendre des efforts du même ordre de grandeur que sa propre masse ou très légèrement supérieurs. Les résultats sont comparables, quel que soit le diamètre de la corde (8 mm ou 9 mm).

Lors d'une descente avec à-coups, le spéléologue va engendrer des efforts plus importants pouvant atteindre plus de trois fois sa masse, **et ce quelle que soit sa distance par rapport à l'amarrage.**

1b ■ À la montée

Protocole

Nous avons testé plusieurs modes de montée, en variant le gabarit des spéléologues, le diamètre des cordes et la technique de progression : fluide ou brutale, en simultané ou en alternatif.

Résultats

Lorsqu'il est en phase de montée fluide, en méthode simultanée, le spéléologue crée un effort sur la corde de l'ordre d'une fois et demie sa masse, quel que soit le diamètre de la corde (8 mm ou 9 mm) **et quelle que soit sa distance par rapport à l'amarrage.**

Si ce spéléologue monte sur la corde en alternatif, les valeurs sont

légèrement inférieures car le spéléologue ne se rassoit pas dans son baudrier ce qui limite l'effet yoyo.

Si ce même spéléologue monte en méthode simultanée avec des retours assis brutaux, les valeurs enregistrées augmentent et peuvent atteindre plus de deux fois la masse du spéléologue. Le diamètre de la corde n'influe pas sur les résultats.

Nous avons également mesuré les efforts engendrés lors d'un dégagement d'équipier. Avec deux spéléologues, la force enregistrée est équivalente à celle mesurée lors d'une remontée brutale d'un seul spéléologue, soit la masse de deux personnes.

Pour aller plus loin, nous avons enregistré les valeurs lorsque deux spéléologues remontent sur la même corde. Les valeurs sont les mêmes que lors d'un dégagement d'équipier, proportionnelles aux masses des deux spéléologues. Toutefois, la progression du spéléologue du haut n'est pas aisée du fait de la tension forte de la corde sous lui par la masse du second spéléologue.

Conclusion

Lors de la progression sur corde, c'est à la descente que les forces peuvent être les plus importantes, et ce quelle que soit la longueur de corde entre le spéléologue et l'amarrage.

Dans toutes les situations, le dernier fractionnement de la descente doit toujours être irréprochable, **quelle que soit sa hauteur par rapport à la base du puits.** Si ce point vient à céder, le spéléologue risque de se retrouver au sol.

Être à deux lors d'une progression en montée sur une corde ne pose pas de problème de résistance (photographie 3).

2 Chutes

Il arrive parfois que des incidents de parcours se produisent : glissades, chutes, ruptures d'amarrages, etc. Ces situations ne sont pas forcément graves mais elles peuvent avoir des conséquences. Nous avons voulu mesurer les efforts engendrés lors de chutes sur agrès pour vérifier si le spéléologue reste en sécurité dans toutes les situations.

2a ■ Chutes sur longues

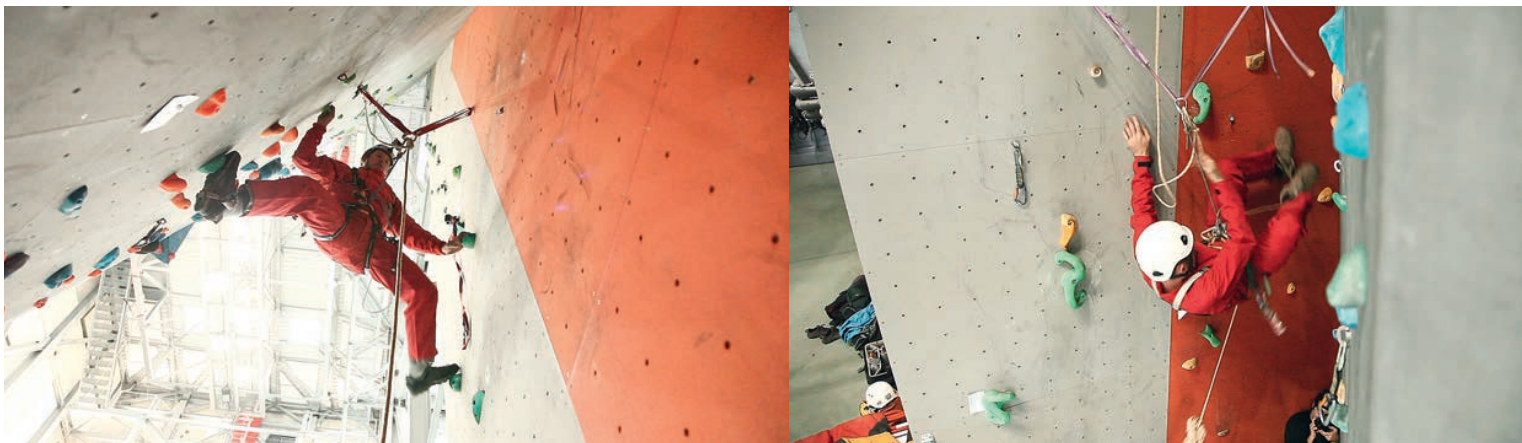
CHUTE VERTICALE SUR FRACTIONNEMENT

Les longues sont un des principaux éléments de sécurité du matériel du spéléologue. Elles permettent de se sécuriser lors du passage d'une main courante, de fractionnements, de nœuds ou à la remontée.

Quelles sont les forces chocs mesurées lorsqu'un spéléologue, en tête de puits, en appui sur ses deux pieds, et longé court sur l'amarrage, fait une chute de facteur 1 et se retrouve brutalement pendu sur sa longe ?

Protocole

Les seules variables de ce test étaient la masse des testeurs et la longueur de leur longe courte puisque chacun utilisait son matériel personnel. Les testeurs ont utilisé leurs longues personnelles en bon état mais ayant déjà servi. Le dynamomètre était placé sur l'amarrage de tête de puits et enregistrait la force appliquée sur cet amarrage lors de la chute. Nous avons réalisé les tests avec des longues en corde dynamique de diamètre 9 mm et avec des longues en sangle cousues.



Photographies 4 et 5 : Chutes sur longe. Clichés Julien Bozzato.

Résultats

La chute est très courte, de l'ordre de la demi-seconde, et la valeur indiquée au dynamomètre peut être importante et ce d'autant plus que la masse du spéléologue est élevée.

Les valeurs mesurées avec des langes réalisées en corde dynamique nouée sont de l'ordre de 350 à 400 daN au maximum pour un spéléologue d'environ 80 kg (soit quatre à cinq fois sa masse). Lorsque ce test est répété avec des langes en sangle cousue, vendues dans le commerce, les valeurs de force choc mesurées sont du même ordre de grandeur qu'avec des langes en corde « faites maison ». Lors des tests de langes réalisés par le GET en 2006, les valeurs de force choc pour ce type de matériel étaient plus élevées mais le protocole était différent (masse rigide et chute sur grande longe).

Conclusion

Nous pouvons dire qu'une chute de facteur 1 sur une longe ne met pas en danger le spéléologue, à condition qu'il n'y ait pas de choc contre les parois. L'EFS recommande de changer ses langes

régulièrement, voire une fois par an en cas d'utilisation très fréquente. Dans le cas de langes manufacturées, il faudra se référer à la notice du fabricant. Dans tous les cas, il est important de les vérifier après chaque sortie et de les changer systématiquement après un choc ou un endommagement (photographies 4 et 5).

➔ CHUTE SUR MAIN COURANTE

Nous avons voulu mesurer la force choc engendrée lorsque le spéléologue glisse et se retrouve pendu sur sa petite longe alors qu'il progresse sur une main courante.

Protocole

Le spéléologue progresse sur une main courante horizontale avec des prises de pieds; il glisse et se retrouve en suspension sur sa longe courte. Le facteur de chute est de l'ordre de 0,5. Deux dynamomètres ont été utilisés: l'un fixé sur un des amarrages de la main courante, l'autre entre la longe et la corde.

Photographie 6 : Chute sur main courante. Cliché Julien Bozzato.



Résultats

Pendant la chute, la force mesurée sur l'amarrage de la main courante est comprise entre trois et quatre fois la masse du spéléologue. La force mesurée au niveau du spéléologue est légèrement supérieure, jusqu'à cinq à six fois sa masse. La chute est fortement amortie par la flèche de la corde et la longe. Le choc ressenti par les testeurs est relativement doux.

Conclusion

Nous pouvons dire qu'une chute sur une longe lors du franchissement d'une main courante ne met pas en danger le spéléologue, à condition qu'il n'y ait pas de choc contre les parois (photographie 6).

2b ■ Chutes sur descendeur simple (descendeur Petzl non auto-bloquant)

Protocole

Le spéléologue est longé au sommet d'un puits et il s'apprête à le descendre. Il est longé sur la main courante ou à la tête de puits, il installe son descendeur puis se délonge pour entamer sa descente et chute.

Pour que le test soit reproductible, tous les testeurs ont positionné leur descendeur au même endroit sur la corde avec 25 cm de mou entre le descendeur et l'amarrage. Le dynamomètre est placé sur l'amarrage. Pour réduire l'effet aléatoire du glissement sur la corde, le descendeur est verrouillé par une clé complète (demi-clé + clé).

➤ CHUTE VERTICALE

Protocole

Le spéléologue chute verticalement par rapport à l'amarrage (photographie 7).

Résultats

La force choc mesurée est équivalente à quatre à cinq fois la masse du spéléologue. Le choc n'est pas ressenti violemment par les testeurs. Le descendeur ne montre pas de déformation et le spéléologue reste en sécurité.

➤ CHUTE PENDULAIRE

Protocole

Dans ce cas, le spéléologue est décalé horizontalement de 1,5 m par rapport à la tête de puits. Il se délonge de la main courante et chute.

Résultats

La chute est pendulaire, la force-choc est ici bien plus faible, de deux à trois fois la masse du spéléologue. Par contre les rebonds sont violents et incontrôlables.

Conclusion

Lors d'une chute au moment où le spéléologue se délonge avant d'entamer sa descente, il n'y a pas de remise en cause de sa sécurité, sauf si en l'absence d'une clé, il ne tient pas la corde en aval de son descendeur. Le caractère le plus dangereux dans ces situations est le risque de choc contre la paroi. Dans tous les cas, pensez à ravalier le plus de mou possible avant de vous délonger.

2c ■ Rupture d'un fractionnement de confort sous un spéléologue en cours de descente

Lorsque deux spéléologues se suivent à la descente, que se passe-t-il si l'amarrage du fractionnement de confort⁴ entre eux deux vient à céder ?

Protocole

Le spéléologue du haut est en cours de descente. Le spéléologue du bas a été simulé par un mannequin de 80 kg. Le fractionnement de confort entre eux est largué. La force choc est mesurée sur l'amarrage supérieur avec un dynamomètre. Cette situation a été testée avec la corde passée en S ou en C dans le descendeur et pour différentes méthodes de freinage : en vertaco, avec mousqueton annexe ou mousqueton freino. Pour ces tests nous avons observé attentivement le comportement du descendeur du spéléologue du haut à l'aide d'une caméra haute-vitesse. **Ce test n'a été réalisé qu'une fois par configuration.**

Résultats

Dans tous les cas et quelle que soit la masse du spéléologue, la force-choc mesurée atteint trois fois la masse cumulée des deux spéléologues⁵. Les descendeurs utilisés n'ont jamais cassé ou plié. Ils ont parfois subi une légère déformation mécanique, disparaissant une fois la charge retirée.

Conclusion

La force-choc mesurée est la plus importante de toutes nos séries de tests, mais elle reste tout à fait raisonnable au regard de la résistance de nos équipements. Cette situation ne semble pas être à risque pour le spéléologue du haut **mais des tests complémentaires doivent être réalisés pour confirmer cela dans toutes les situations et avec tous les modèles de descendeurs.** Le danger est que le spéléologue du bas lâche la corde au moment de la chute (photographies 8 et 9).

2d ■ Chutes sur bloqueurs

➤ CHUTES SUR BLOQUEUR DE POITRINE (CROLL)

Une possibilité pour escalader un plan incliné est de s'assurer en installant son bloqueur de poitrine sur la corde et de grimper en faisant coulisser la corde vers le bas. Mais que se passe-t-il si la corde ne glisse pas dans le bloqueur, que du mou s'installe et que le spéléologue chute à ce moment-là ?

Protocole

Le spéléologue monte en escalade sur un plan incliné, assuré uniquement par son bloqueur de poitrine. Une boucle de 60 cm de mou est laissée en amont de son bloqueur. Ce type de situation peut se rencontrer lorsque la corde ne veut pas glisser dans le Croll par manque de poids sous le Croll. Le test a été fait à 4,2 m puis à 3 m de l'amarrage pour augmenter le facteur de chute. La force-choc est mesurée au niveau de l'amarrage avec un dynamomètre.

Résultats

À 4,2 m de l'amarrage, la force-choc est de trois à quatre fois la masse du spéléologue. À 3 m de l'amarrage, la force-choc passe à cinq à six fois la masse du spéléologue. La corde a été endommagée au bout de la neuvième chute.

Conclusion

Le facteur de chute est l'élément le plus important. La distance à l'amarrage au moment de la chute est prépondérante, plus importante même que la masse du spéléologue, et augmente fortement en se rapprochant de l'amarrage (photographie 10).

Photographie 7 : Chute sur descendeur en tête de puits. Cliché Pierre-Bernard Laussac.





Photographies 8 et 9 : Rupture d'un fractionnement de confort entre deux spéléologues à la descente. Clichés Julien Bozzato.

➔ CHUTES SUR BLOQUEUR DE POING (POIGNÉE OU BASIC)

Le spéléologue peut aussi s'assurer en n'utilisant que son bloqueur de poing en bout de longe. Les tests ont été menés dans les mêmes conditions qu'avec le bloqueur de poitrine. Les résultats de ces tests sont équivalents à ceux obtenus dans le test précédent. Les résultats ne varient pas quel que soit le type de longe utilisée (manufacturées ou « faites maison »).

Ici aussi le facteur de chute sera donc le plus important.

Conclusion

À l'issue de ces tests, l'utilisation d'un seul bloqueur comme moyen d'assurance ne pose pas de problème de sécurité. Il est impératif que le bloqueur (Croll ou bloqueur de poing) travaille dans l'axe de la corde pour éviter tout risque d'ouverture. Pour l'utilisation du Croll, il est possible de mettre son bloqueur de pied en plus pour ravalier le mou de la corde au fur et à mesure.

Si la situation veut que la remontée ne se fasse pas dans l'axe ou que la corde aval soit attachée à un point décalé, la longe reliée au bloqueur de poing devra impérativement être crochétée sur la corde.

Après une chute, il est important de vérifier l'état de la corde sur la zone touchée, de la remplacer le cas échéant, ou au moins de défaire le nœud sollicité et de le refaire.

➔ CHUTES SUR MAIN-COURANTE, BLOQUEUR DE POING SUR LA CORDE ET MOUSQUETON DE LONGE NE REPRENANT PAS LA CORDE DE LA MAIN-COURANTE (COIFFÉE, CHAUSSÉE, VERTACO...)

Le bloqueur de poing peut également être utilisé pour faciliter la progression sur une main-courante. L'EFS enseigne que le seul élément de sécurité, dans cette situation, est la longe ; le bloqueur de poing est un élément d'aide et de confort. Pour illustrer les raisons de cette règle de sécurité, nous avons réalisé des tests de chutes lorsque le mousqueton de la longe n'est pas relié à la main-courante et que seul le bloqueur de poing retient le spéléologue.

Protocole

Le spéléologue progresse sur une main courante horizontale avec des prises de pieds, seul son bloqueur de poing le relie à la corde, il glisse et se retrouve en suspension sur son bloqueur de poing. Le facteur de chute est de l'ordre de 0,5.

Résultat

La chance peut sourire au spéléologue et le bloqueur de poing peut le retenir. Puisqu'il n'est pas maintenu dans l'axe de la corde, le bloqueur de poing de type poignée ou basic peut se déformer. Lors des tests, à la suite de certaines chutes, la gâchette du bloqueur de poing a été endommagée, ne garantissant plus son rôle de blocage sur la corde et rendant inutilisable le bloqueur de poing.

Photographie 10 : Chute sur Croll. Cliché Julien Bozzato.



Photographies 11 et 12 :
Chute sur main-courante
assuré uniquement avec le
bloqueur de poing.
Clichés Julien Bozzato.



Dans l'un des cas, le bloqueur de poing s'est ouvert complètement et a été éjecté de la corde : le corps du bloqueur s'est déformé, la gorge entourant la corde s'est évasée, la gâchette a été tordue, le rivet la fixant s'est également déformé. Le spéléologue s'est retrouvé désolidarisé de la corde et n'a été retenu que par la contre-assurance de sécurité installée pour le test.

Conclusion

Sur une main courante, la longe doit impérativement être reliée à la corde, l'installation du bloqueur de poing n'est qu'un moyen de faciliter la progression mais en aucun cas un élément de sécurité ! (photographies 11 et 12)

Photographie 13 : Tournage pendant les tests de chutes sur descendeur. Cliché Gaël Monvoisin.



Conclusion générale de ces tests

Un film a été réalisé lors de ces campagnes de tests, reprenant tous les résultats. Ce film a vocation à servir de support de travail pour les formations et discuter de ces situations³ (photographie 13).

Tous les tests réalisés au cours de ces deux campagnes ont montré que les spéléologues évoluent en sécurité lors de leur progression sur leur matériel en bon état et que, même lors de situations dégradées, la marge de sécurité offerte par le matériel de progression est amplement suffisante. Les seuls facteurs de risque sont les

impacts contre le sol ou les parois qui peuvent arriver lors de ces chutes.

Toutefois, nous n'avons pas testé la qualité des amarrages, ces situations ont toutes été réalisées sur des amarrages irréprochables et sains.

Enfin, une situation s'est révélée potentiellement dangereuse, la **progression sur main-courante sans être assuré par sa longe**. Dans ce cas précis, la vie du spéléologue aurait pu être mise en danger. Soyez vigilants lors d'initiations ou de formations, c'est une situation classique avec des débutants.

BIBLIOGRAPHIE

- AA (1997) : La rupture de fractionnement en cours de descente, GET.- *Spelunca* n° 66, 1997.
- BORIE, S. ; CAZES, GÉRARD ; CLÉMENT, NICOLAS ; MULOT, JOSÉ (2006) : Campagne de tests sur les langes utilisées pour les déplacements sur cordes semi-statiques, GET, juin 2006.
- BORIE, S. ; CAZES, GÉRARD ; CLÉMENT, NICOLAS ; MULOT, JOSÉ (2007) : Les langes en spéléologie et descente de canyon, GET.- *Spelunca* n° 107.
- CAZES, GÉRARD ; CAZOT, EMMANUEL ; CLÉMENT, NICOLAS (2011) : *Manuel technique de spéléologie de l'École française de spéléologie*, 256 p.
- CLÉMENT, NICOLAS (2003) : Le descendeur stop à la loupe, GET.- *Infos-EFS* n° 43, 1^{er} trimestre 2003.
- CLÉMENT, NICOLAS (2004) : Le descendeur Indy de la marque Kong, GET.- *Infos-EFS* n° 45-46, 1^{er} et 2^e trimestres 2004.
- GUDEFIN, JACQUES (1996) : *Essais mécaniques en spéléo-secours, campagnes d'essais de 1994 et 1996.- SSF070*, 1996.
- INFOS-EFS : <http://efs.ffspeleo.fr/index.php/documentation/infos-efs>
- LIMAGNE, RÉMY (1997) : L'utilisation du descendeur, GET.- *Spelunca* n° 66, juin 1997, réactualisé en 2002.
- LIMAGNE, RÉMY (2010) : Pour ne pas passer à deux doigts, GET.- *Spelunca* n° 118.
- MARBACH, GEORGES ; TOURTE, BERNARD (2000) : *Techniques de la spéléologie alpine*, 325 p
- MONVOISIN, GAËL ; LAUSSAC, PIERRE-BERNARD (2014) : Des tests spéléologiques chez Petzl.- *Infos-EFS* n° 62, 2014, p.20-47.
- MONVOISIN, GAËL ; LAUSSAC, PIERRE-BERNARD ; FRONT, J.-L. (2015) : Les tests techniques Petzl suite.- *Infos-EFS* n° 63, 2015, p.34-52.
- TRAVAUX DU GET : <http://efs.ffspeleo.fr/index.php/documentation/publications-techniques-get>

1. Gaël Monvoisin, Pierre-Bernard Laussac et les instructeurs stagiaires de l'UV 2015.

2. <http://efs.ffspeleo.fr/index.php/documentation/infos-efs>

3. http://techniques.speleos.fr/tests_GET_EFS_PETZL.php

4. Un fractionnement de confort est un fractionnement non obligatoire. Ce fractionnement n'évite pas un frottement, n'éloigne pas la corde de l'eau ou de chutes de pierres, etc. Ce fractionnement sert « à couper » la verticale pour permettre à plusieurs spéléologues de progresser en même temps dans le puits. L'attente des spéléologues en est donc réduite. Dans ce cas, ce fractionnement peut être constitué d'un amarrage non irréprochable. En effet, en cas de rupture de l'amarrage, le spéléologue ne se retrouve pas en danger. Ce ne sera jamais le dernier fractionnement de la descente d'un puits qui lui sera toujours irréprochable.

5. Ces valeurs sont cohérentes avec celles des tests du SSF et du GET réalisés en 1997. Les descendeurs utilisés à l'époque avaient subi des déformations. Petzl les a modifiés et renforcés depuis. Ce sont ces modèles, vendus depuis 1998, qui ont été utilisés ici et n'ont pas subi de déformation.