

## REGARDE OÙ TU CLIPPES !

### RUPTURES D'ANCRAGES D'ESCALADE DUES A LA CORROSION SOUS CONTRAINTE

Elle est là, vous guette sournoisement dans les voies que vous préférez, où vous vous sentez en sécurité. Cette menace frappe en plein jour, elle n'est pas visible et ses attaques ne peuvent pas être prédites. Ceux qui ont expérimenté une attaque sont sidérés. La science a une explication complexe pour elle. Mais qui pourra l'arrêter?

Cela ressemble à un scénario de film d'horreur de série B? Et bien ce film se déroule en ce moment sur des falaises populaires pour l'escalade tout autour du globe. Et la menace? C'est la corrosion sous contrainte.

#### EN BREF

De récents incidents ont pour cause la rupture inattendue d'ancrages d'escalade sous faible charge et après seulement quelques mois/années d'installation. Ces ruptures, qui se produisent principalement avec des ancrages en acier inoxydable (!), sont dues à des dégradations environnementales, principalement la corrosion et plus spécifiquement la corrosion sous contrainte (CSC), appelée aussi corrosion sous tension.

- Dans le pire des cas, les ancrages peuvent se casser avec une charge de quelques dizaines de kilogrammes seulement – moins que le poids d'un grimpeur.
- Habituellement situé en bord de mer mais cela peut aussi être à quelques kilomètres des côtes.
- Cette corrosion n'est pas toujours visible: ce peut être des fissures invisibles à l'œil nu.
- La corrosion sous contrainte, qui est la plus agressive, peut initier des fissures très rapidement après l'installation de l'ancrage: quelques semaines peut-être, quelques mois sûrement.
- Toutes les nuances d'aciers inoxydables sont concernées, même le 316L (1.4404, 1.4435).
- La Commission Sécurité de l'UIAA travaille actuellement à trouver les ancrages fabriqués avec des matériaux adéquats pour ces environnements.
- Tous l'équipement en place doit être considéré comme potentiellement affecté.
- Les facteurs les plus critiques sont:
  - Site avec une humidité relative "modérée" (OK si c'est très sec ou très humide, c'est entre-deux qu'est le problème)
  - Les endroits NON lavés par la pluie (par contre lavés par l'eau de mer peuvent être OK)
  - La température n'est pas un critère: la CSC peut se produire à 20°C, mais des températures plus élevées sont pires.
  - Types de rocher: calcaire/dolomite: généralement pire que le grès ou le granite (le karst est le pire).

## VUE D'ENSEMBLE

La corrosion sous contrainte (CSC) s'est confirmée en tant que cause d'un nombre non négligeable de ruptures d'ancrages dans des voies d'escalade et est également suspectée dans beaucoup d'autres cas (voir table 1). Ces ruptures dues à la CSC se produisent après quelques mois ou années d'installation, sous de faibles charges comme le poids seul du grimpeur. Les ancrages concernés sont en acier inoxydable (même en 316L, 1.4404).

Evaluer le risque de CSC est très difficile pour le grimpeur car la dégradation induite est souvent invisible. Prédire sa présence n'est pas aisée non plus, car elle dépend d'une combinaison de facteurs, notamment: haute acidité et température, faible taux d'humidité et rocher non lavé par la pluie, roche riche en magnésium (voir table 2). De petites différences dans les microclimats peuvent induire une corrosion sous contrainte pour certains ancrages, alors que d'autres situés dans la même voie ou la même falaise ne sont pas atteints. Cette corrosion CSC est souvent associée avec l'escalade en bord de mer, mais elle peut aussi se produire à l'intérieur des terres où des éléments corrosifs sont présents, soit provenant de la roche elle-même, soit déposés par les vents provenant des côtes. En réponse aux défis que représente l'attaque des ancrages d'escalade due à la corrosion sous contrainte, ce document met en évidence les stratégies à adopter pour les grimpeurs, les équipiers, les associations, les fabricants et l'Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA).

**Table 1** Pays où la corrosion sous contrainte a été confirmée ou est fortement suspectée sur des ancrages de voies d'escalade

Thaïlande	Grèce
Taiwan	Italie
République Dominicaine	Malte
Îles Caïmans	Minorque
Hawaii	Maroc
Madagascar	Portugal
	Sardaigne

**Table 2** Facteurs contributifs à la corrosion sous contrainte pour les ancrages d'escalade

FACTEURS	LE PLUS CRITIQUE	Remarque
CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES		
concentration de chlorure	chlorure de magnésium chlorure de calcium chlorure de sodium	Des dépôts de chlorure contenant des sels avec une haute solubilité peuvent se former.
température	il n'y a PAS de limite de température en deçà de laquelle c'est sûr, mais c'est pire en dessus de 30°C	La CSC peut se former à 20°C. Une température plus élevée augmente la vitesse de propagation des fissures. La température d'un ancrage en plein soleil peut être significativement plus élevée que la température de l'air.
humidité	faible humidité relative, entre 20% et 70%	Une humidité relative proche du point de déliquescence des solutions de chlorure augmente significativement le risque de CSC.
emplacement – marin / vent de la mer	bord de mer jusqu'à 30 km des côtes?	Il n'y a pas de limite claire; des vents provenant de la mer avec une concentration de sel significative peuvent pénétrer sur plusieurs centaines de kilomètres à l'intérieur des terres.
lavé par la pluie ou pas	non lavé par la pluie	L'absence de rinçage permet au chlorure de se concentrer localement sur les ancrages.
type de roche	calcaire ou dolomite	Probablement en raison de leur grande concentration en calcium and magnésium.
CARACTERISTIQUES DE L'ANCRAGE		
contraintes	hautes contraintes de traction	<ul style="list-style-type: none"> <li>– provenant de la fabrication: laminage, pliage, découpe, perçage et soudure</li> <li>– de l'installation: dues au visage ou au collage</li> <li>– des déformations plastiques: chutes violentes, coups de marteau lors de l'équipement, etc...</li> <li>– de l'utilisation: dues à de multiples chutes violentes</li> </ul>
matériau – quel alliage d'acier inoxydable	1.4301 (304), 1.4306 (304L) ou de plus faible résistance à la CSC	1.4401 (316) et 1.4404, 1.4435 (316L) sont susceptibles à la CSC selon les dernières recherches

## CE QUE VOUS DEVEZ SAVOIR EN TANT QUE GRIMPEUR

Seuls des tests destructifs peuvent confirmer ou infirmer la présence de CSC sur des ancrages en place. Il n'est pas possible de vérifier visuellement ou par des tests simples (par exemple en tirant dessus) la résistance effective des ancrages installés. Même des ancrages installés depuis quelques mois seulement ou qui paraissent flambant neufs peuvent être fragilisés par de la CSC ou d'autres formes de corrosion. Des tests effectués par Petzl France sur tous les ancrages d'une falaise ont montré que 20% des ancrages en place avaient une résistance entre 1 et 5 kN et n'auraient donc pas vraiment pu supporter le poids d'un grimpeur et encore moins arrêter une chute. De telles conditions provoquent des incidents comme celui qui est arrivé récemment en Sicile: durant un rappel, la vis de l'ancrage inférieur du relais s'est rompue sous le poids du grimpeur (65 kg). Heureusement, l'ancrage du haut a tenu et les trois grimpeurs sont indemnes.

## Recommandations pour les grimpeurs

### Lors de la planification

- Pensez à la CSC lors de l'évaluation des risques à grimper dans la région.
- Contrôler auprès des grimpeurs locaux et/ou des associations d'escalade la présence de corrosion et CSC et la résistance à la corrosion des ancrages posés.
- Soyez préparé à la présence de CSC, particulièrement aux endroits chauds, en bord de mer avec du calcaire ou de la dolomite (le karst est la roche la plus agressive).

### Quand vous grimpez

- Pensez à la CSC lors de l'évaluation des risques et du choix de la voie.
- Posez les moulinettes, relais et rappels sur des relais à plusieurs ancrages.
- Sécurisez les ancrages et relais avec des coinçeurs, friends, arbres, etc...
- Soyez préparé à renoncer en cas d'ancrage suspect.

### Dans le cas d'une rupture d'ancrage (une fois que les grimpeurs sont en sécurité)

- Collectez les parties de l'ancrage concerné; évitez de toucher les surfaces de rupture ou d'essayer de remettre les morceaux ensemble.
- Informez la communauté des grimpeurs locaux.
- Contactez l'UIAA, [anchors@theuiaa.org](mailto:anchors@theuiaa.org) et faites-nous parvenir l'ancrage concerné pour analyse.

## CE QUE VOUS DEVEZ SAVOIR EN TANT QU'EQUIPEUR

- En attendant les résultats des tests et la mise à jour de la norme, la Commission Sécurité de l'UIAA recommande d'utiliser uniquement des ancrages (à visser ou à sceller) en titane grade 2 dans les endroits où la CSC est confirmée.
- Dans les endroits où la CSC est suspectée mais non documentée, des ancrages en alliage d'acier inoxydable à très haute résistance à la corrosion (*High Corrosion Resistance HCR*) peuvent éventuellement être utilisés (PLUS D'INFORMATIONS SUR CES ANCRAGES ET LES MATERIAUX VONT ETRE FOURNI PROCHAINEMENT).
- Les nuances 316(L) ou 304(L) ne sont PAS appropriées pour les endroits où la CSC est confirmée ou suspectée.
- L'utilisation du 316L ou d'une nuance avec une meilleure résistance à la corrosion est recommandée pour tous les équipements en extérieur dans les endroits où la CSC n'a jamais été reportée et qu'il n'y a aucune raison de suspecter sa présence.
- Utilisez une clé dynamométrique calibrée pour serrer les écrous afin d'éviter une déformation plastique et pour garder les contraintes axiales à un niveau acceptable, comme recommandé par les fabricants.
- Inspectez régulièrement tout le matériel en place, si possible chaque année.
- Tenez-nous informé svp: [anchors@theuiaa.org](mailto:anchors@theuiaa.org)

## CE QUE LES ORGANISATIONS DE GRIMPEURS DOIVENT SAVOIR

- La CSC, la corrosion et le vieillissement des ancrages existants posent des défis importants à toute la communauté des grimpeurs et qui ne peuvent pas être résolus individuellement par les grimpeurs.
- Les principaux obstacles pour équiper avec des ancrages résistants à la CSC et la corrosion générale sont les coûts et la disponibilité. Les équipeurs ont généralement peu de moyens financiers et sont parfois réticents à dépenser plus que ce qu'ils estiment en fonction de leurs expériences passées. Si un financement des ancrages est en place, alors les équipeurs seront heureux d'utiliser des ancrages ayant une meilleure résistance à la corrosion.
- Cela signifie que la communauté des grimpeurs doit commencer à payer pour l'équipement, alors que cela a été "gratuit" jusqu'à aujourd'hui.
- L'équipement de nouvelles voies et le rééquipement des voies existantes pour tenir compte des risques de la corrosion générale ainsi que de la CSC va impliquer des investissements très importants en temps et en argent pour l'installation d'ancrages appropriés. Mais le coût initial sera vite compensé par l'augmentation de la durée de vie des nouveaux ancrages et la diminution de la probabilité d'accidents et de blessures.
- Des mesures d'Assurance Qualité (AQ) sont nécessaire pour une gestion responsable et à long terme de l'équipement, notamment la documentation des ruptures d'ancrages et des dates et types d'installations.
- La surveillance de l'intégrité d'ancrages (tests de traction sur des ancrages témoins installés en dehors des voies) est également importante. L'enregistrement et l'archivage des données de ces contrôles de qualité doivent être mise en place pour une durée supérieure à 50 ans.

La Commission Sécurité de l'UIAA exhorte les fédérations nationales et les communautés de grimpeurs de planifier un futur qui inclue une gestion responsable de la corrosion des ancrages.

## CE QUE LES FABRICANTS D'ANCRAGES DOIVENT SAVOIR

Le sujet de la corrosion et de la corrosion sous contrainte est complexe et très spécifique. L'UIAA va rédiger des directives pour les fabricants qui seront postées sur son site internet. L'UIAA peut également vous aider avec des recommandations techniques; soit avec ses propres connaissances ou avec l'aide d'experts externes. Merci de nous contacter: [anchors@theuiaa.org](mailto:anchors@theuiaa.org)

## CE QUE LA COMMISSION SECURITE DE L'UIAA FAIT

La Commission Sécurité de l'UIAA a documenté l'occurrence de CSC pour les ancrages en escalade, trouvé un consensus pour le mécanisme de dégradation des ancrages d'escalade en raison de la CSC, initié des tests *in situ* pour des ancrages résistants à la CSC (produits commerciaux et prototypes expérimentaux) dans des sites d'escalade où la CSC est la plus agressive (bord de mer en Thaïlande), réalisé des tests en laboratoire et développé une norme pour la résistance des ancrages à la corrosion.

Les prochains travaux comprendront des tests accélérés sur des ancrages pour vérifier s'ils sont capables de résister à 50 ans au minimum sans initiation de CSC. Les ancrages entiers doivent être testés dans un bloc de rocher ou de béton afin d'être représentatif de toutes les contraintes induites par leur installation. Ces contraintes dues à l'installation se combinent avec les contraintes résultant des processus de fabrication (laminage, pliage, usinage et parfois soudure) et créent les conditions propices où la CSC peut s'initier. Les résultats de ces tests accélérés vont servir à affiner la proposition de norme et mieux identifier quelles classes d'ancrages sont appropriés pour quels endroits d'escalade. La table 3 indique les quatre classes d'ancrages proposées avec leur degré de résistance aux dégradations environnementales. L'objectif de ce travail est de proposer une norme de résistance à la corrosion qui permettra aux grimpeurs et équipiers de corréler la résistance à la corrosion des ancrages avec l'environnement local pour garantir au moins 50 ans.

**Table 3** Proposition de l'UIAA pour le classement des ancrages

CLASSE D'ANCRAGE	SITE	CARACTERISTIQUES	MATERIAUX POTENTIELS (1)	REMARQUE
1	CSC très agressive et/ou environnement corrosif	<b>évidence de CSC:</b> haute concentration de chlorure, sel marin + autres sels (du karst: calcaire/dolomite) et environnement acide	Titane grade 2 & quelques alliages de très haute résistance à la corrosion ( <i>high-end High Corrosion Resistant HCR</i> )	Bien que la CSC soit habituellement associée aux falaises de bord de mer, elle peut aussi être présente jusqu'à 100 km à l'intérieur des terres, et même protégé des vents marins, la roche elle-même peut contenir des ions qui initient la CSC.
2	CSC et environnement corrosif	<b>Rare évidence ou suspicion de CSC:</b> chlorures, avec un taux d'humidité relative critique ou le sel amené par le vent forme des dépôts agressifs.	la plupart des alliages de très haute résistance à la corrosion	
3	environnement extérieur pas assez agressif pour initier la CSC	<b>Pas de présence ou suspicion de CSC:</b> quelques agents corrosifs	1.4401 1.4404 1.4435 (AISI 316, 316L) et meilleurs	Les aciers inox 1.4301 et 1.4306 (304 et 304L) ne sont plus du tout recommandés pour l'utilisation extérieure!
4	utilisation intérieure, en salle d'escalade		pas de limitation par rapport à la corrosion	Les ancrages des salles d'escalade à proximité de site industriel, de piscine ou de la mer peuvent nécessiter une résistance à la corrosion additionnelle.

(1) **mais les ancrages actuels devront être confirmés par les tests**