

La Science derrière la Sécurité : Analyse et Amélioration des Coinceurs à Cames en Escalade libre.

Ancrage dans la thématique :

L'escalade libre est un sport qui consiste à gravir une paroi rocheuse sans l'aide d'aucun matériel (piton, split...), à l'exception de l'équipement d'assurage.

Ce sport a notamment été popularisé dans les années 1960 et connaît un succès mondial suite à la création des coinceurs mécaniques en 1978 par Ray Jardine.

Motivation du choix :

Ayant passé une partie de ma vie en Savoie, j'ai à de nombreuses reprises pratiqué de l'escalade que ce soit sur "bloc" ou en voie. Je n'ai jamais pratiqué de l'escalade libre cependant, c'est une pratique qui m'a toujours fasciné de par la dangerosité de cette pratique.

MCOT

Positionnement dynamique :

Sciences industrielles (Génie Mécanique), Physique (Mécanique)

Mots-Clefs :

Mots-Clefs (français) :

Escalade

Coinceur à came

Optimisation

Sécurité

Frottement

Mots-Clefs (anglais) :

Climbing

Spring-loaded camming device (SLCD)

Optimization

Security

Friction

Bibliographie commentée :

Le coinceur à came est un équipement de sécurité en escalade libre permettant le maintien du grimpeur après que les lobes aient été logés de façon adéquate dans une fissure rocheuse suffisamment solide.

Cet équipement nécessite un certain nombre de contraintes de construction afin d'optimiser la sécurité du grimpeur. En effet, le coinceur à came est comme son nom l'indique une fixation possédant deux paires de comes métalliques permettant une accroche sur la paroi rocheuse grâce à la notion d'arc boutement. Afin d'assurer le non-glissement du métal sur la roche, la forme des comes/lobes vérifie l'équation mathématique d'une spirale logarithmique [1]. Les paramètres de cette équation sont notamment choisis à l'aide des propriétés des différentes roches. Un premier élément pris en compte par les industriels est le coefficient de frottement entre la roche et l'aluminium afin de permettre le maintien du coinceur dans une fissure [2]. Une deuxième contrainte est la pression que peut exercer un coinceur sur la roche. Pour cela un second critère décisif dans la forme finale du coinceur à came est la résistance des matériaux des roches et des matériaux du coinceur [2].

De plus, les coinceurs à comes ont plusieurs critères de résistance à respecter afin de pouvoir être commercialisés en Europe [3]. Notamment des propriétés sur le minimum de force à appliquer durant les tests expérimentaux ou encore des critères de sécurité mis en place afin de connaître les largeurs de fissures les plus adaptées aux différents coinceurs.

Un critère important à maîtriser pour assurer une sécurité optimale du grimpeur est le coefficient de frottement entre la surface des comes et la roche. Il est nécessaire d'optimiser la rugosité entre notre coinceur à came et la paroi rocheuse [4]. Dans ce but, une nouvelle technologie, le triple grip, fait son apparition [5]. Cette technologie

redéfinit la surface de contact entre les lobes et la fissure et permet une meilleure répartition des charges et des frottements. La nouvelle surface influence directement l'adhésion et la pression appliquée sur le coinqueur mécanique.

Les grimpeurs en escalade libre doivent en permanence transporter une dizaine de coinqueurs à cames sur leur baudrier. En effet, l'escalade libre est un sport comportant un grand nombre de risques, c'est pour cette raison qu'il est essentiel pour un grimpeur de s'équiper fortement. Il ne faut pas oublier la présence également d'une vingtaine de mousquetons et autre matériel de sécurité. Tout cet équipement peut ajouter une masse d'une dizaine de kilos à celle du grimpeur. Afin de limiter l'impact du poids des coinqueurs en escalade libre, il est nécessaire d'optimiser le poids des cames pour trouver un bon équilibre entre masse et sécurité. Cette optimisation passe par la création de différents trous effectués dans une came. Pour cela, les chercheurs utilisent des méthodes de résolution par éléments finis leur permettant de visualiser la répartition des contraintes dans le matériau [1] [6].

Problématique retenue :

Comment l'optimisation des propriétés géométriques du coinqueur à came peut-elle conduire à une amélioration des propriétés mécaniques ?

Objectif du TIPE :

1. Première approche théorique de l'utilité des propriétés mathématiques de la forme logarithmique d'un coinqueur à came.
2. Mise en place d'expériences visant à recréer différentes formes de coinqueur à came dans le but de vérifier l'adhérence et la répartition des efforts.
3. Optimisation des propriétés géométriques à travers plusieurs simulations numériques.
4. Étudier la validité de ces résultats à travers des expériences qui permettront de visualiser la conservation ou non des propriétés sur la résistance

Référence bibliographique :

[1] David Rybansky , Martin Sotola , Pavel Marsalek , Zdenek Poruba et Martin Fusek : *Study of Optimal Cam Design of Dual-Axle Spring-Loaded Camming Device*. MDPI, 2021. Pages 4-7 et 10-16

[2] Marc-André Désautels : *Les mathématiques en alpinisme*. Association mathématiques du Québec, 2017

[3] Dies-Diverchy Laëtitia : *Thèse : Influence d'une texturation déformable sur l'adhésion et la friction*. Université Paris-Sud, École doctorale EDPIF, 2015.

[4] John Hickey, Kaitlin DeHerrera, Jared Christned, Ryan Edwards : *Spring loaded camming device, Final Design Review*. California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2020.

[5] *Mountaineering equipment - Frictional Anchors - Safety requirement and test methods* : EN 12276 Norme européenne , septembre 1998.

[6] Monte Johnston: *Revue : DMM Dragon cams*. Black Sheep Adventures Sports:
<https://blacksheepadventuresports.com/2017/05/30/review-dmm-dragon-cams/>