

Notions de Bio-mécanique

Pour comprendre la gestuelle d'un grimpeur, il faut l'analyser en termes d'appuis, de déplacement du centre de gravité (CG) et des segments en fonction d'un système de prises.

L'équilibre

Du point de vue de la physique, un corps est en équilibre lorsque la somme des forces agissant sur lui est nulle. Pour qu'il y ait un déplacement, cette somme doit être supérieure à zéro, la direction du déplacement se fait dans le sens de la résultante de ces forces appliquées au centre de gravité.

Les forces agissant sur le grimpeur se décomposent ainsi :

- *la force de gravité du corps (P)* : c'est l'attraction de la pesanteur exercée sur la masse corporelle
- *La force de réaction du sol (R)* : la loi d'action-réaction énonce que pour chaque action, il existe une action égale mais de sens opposé permettant un équilibre stable du corps. La force est maximale quand elle est perpendiculaire au plan (sens optimal) avec une force de frottement diminuant d'autant.
- *La force de frottement (F)* : elle détermine l'efficacité de l'adhérence, elle dépend de la rugosité des deux surfaces et de la direction des forces exercées; d'une façon générale, plus la surface d'appui est petite (plus la surface de frottement est réduite), et plus la pression exercée sur la prise doit être forte pour maintenir l'appui.
- *La force de poussée ou de traction (A)* exercée par le système musculaire du grimpeur.

Pour produire un déplacement, le grimpeur s'oppose donc à la force de gravité grâce aux forces internes développées par son énergie musculaire à partir des points de contact avec le rocher.

Le centre de gravité

Le centre de gravité d'un corps, est un point donné par lequel on peut placer le corps en équilibre dans n'importe quelle position. La force de gravité agit au centre de gravité.

On trouve deux types d'équilibre applicables à l'escalade:

- > *L'équilibre stable*, caractérisé par un centre de gravité sous le point d'appui, c'est le cas de la suspension, cette stabilité est éprouvante et peu fréquente.
- > *L'équilibre instable*, caractérisé par un centre de gravité au dessus des points d'appui, c'est le cas le plus courant d'un équilibre sur les pieds.

Composé de masses musculaires de densité variable, articulées les unes aux autres, le corps humain, contrairement à un solide, présente une grande mobilité. On peut considérer que le centre de gravité du corps humain se situe au niveau du nombril. L'équilibre d'un grimpeur dépend du maintien de la projection de son C G sur le polygone de sustentation. Grâce à l'intervention des forces musculaires, il s'organise généralement à partir d'un quadrilatère variable de quatre prises. L'équilibre à trois appuis permet la plupart du temps le lien d'une attitude à une autre.

Le polygone de sustentation

La stabilité de cet équilibre, instable par définition, dépend en grande partie de la dimension du quadrilatère de sustentation et des forces musculaires contrecarrant les déséquilibres. Cette stabilité évolue en fonction de la réduction des points de contact en taille et en nombre, et de l'orientation du plan du quadrilatère par rapport à la verticale.

Dans le cas d'une dalle inclinée, les trois ou quatre appuis déterminent un large polygone de sustentation (fig. 1).

Quand le support se rapproche de la verticale, ce quadrilatère se réduit progressivement à une ligne (fig. 2).

Lorsque le grimpeur utilise deux appuis alignés verticalement, le CG se projette sur un point de sustentation (fig. 3).

Quand la projection du CG se trouve en dehors du quadrilatère, de la ligne ou du point de sustentation, le maintien de l'équilibre, nécessite la mise en jeu de forces musculaires, principalement des bras, de la ceinture scapulaire et de la sangle abdominale, forces plus ou moins importantes suivant l'inclinaison négative du support.

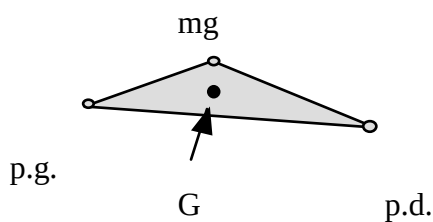


fig. 1

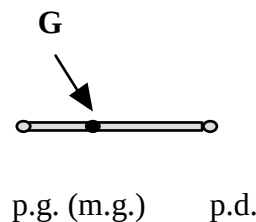


fig. 2

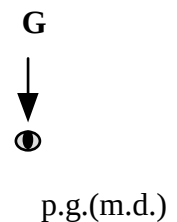


fig. 3

Les prises

La stabilité de l'équilibre du grimpeur, conditionnée par les positions relatives des prises et du centre de gravité, dépend de la nature et du sens des forces exercées sur les points de contact. Dans une perspective très large, tout point de contact où s'exerce un appui sur le rocher peut être considéré comme une prise. Une prise se caractérise par son sens : la direction dans laquelle elle fournit la plus grande force de réaction à une pression ou une traction, et son intensité : fonction de l'angle entre la force appliquée et le sens optimal (+ l'angle est important, + la force appliquée doit être importante pour créer une grande force de frottement).

Typologie des saisies

La variété des formes de prises implique des façons différentes de les saisir:

Pieds	Mains
calage	crochetage (arquée)
adhérence	adhérence-appui
coincement-verrouillage	coincement-verrouillage
crochetage	pincette
pince	

Calage: action sur un relief, le bord de la semelle de la chaussure (carre interne, externe, ou bout de pied) s'appuie de façon précise sur les "grattons" ou les "réglettes".

Adhérence: liée aux forces de frottement, elle s'exerce sur des surfaces sans aspérité, l'efficacité de l'appui augmente avec la surface de contact et la pression exercée.

Coincement-verrouillage: cette saisie s'utilise dans les fissures et les prises en creux.

Il s'agit de mettre en jeu un couple de forces s'exerçant sur les extrémités des segments, comme si l'on voulait écarter les deux bords de la cavité.

Crochetage: se présente comme la saisie d'une poignée (doigts en forme de crochets), saisie la plus naturelle et sécurisante, suivant la taille de la prise. Quand la surface est très réduite (réglette), l'appui se fait avec le bout de la dernière phalange, les doigts sont dans une position **arquée** (fortes contraintes au niveau des tendons).

Pincette: création d'une opposition rapprochée entre le pouce et les autres doigts, sur des prises permettant le serrage.

Les oppositions sont des systèmes de force caractérisés par l'application de forces de sens contraire (pousser-tirer), au niveau de la main (pincette), entre appuis de même nature ou entre les appuis manuels et pédestres se situant sur la ligne d'action dominante: duffer, étau, croisé... Ces oppositions sont mises en oeuvre sur des configurations de prises souvent proches de la verticale, elles caractérisent un certain niveau d'expertise et ont un coût énergétique important.

La séquence gestuelle

L'adaptation de la géométrie corporelle à la configuration des prises se fait par le jeu de mobilisations segmentaires vers la prise à saisir. Chaque saisie implique :

→ *le contrôle balistique du déplacement* de la main et du pied vers la prise, opération assimilable à une tâche de pointer de précision.

→ *l'ajustement final de la saisie*, c'est à dire sélectionner la préhension la plus adaptée à la morphologie de la prise.

Ces deux opérations sont assistées visuellement pour permettre une grande précision du pointage; même si les perceptions tactiles interviennent dans la phase finale de la saisie et la mise en tension du segment sur l'appui.

Cette saisie n'est possible que si le grimpeur libère le segment concerné par l'action gestuelle envisagée. Cela suppose de fixer les segments d'appui servant à organiser et contrôler l'équilibre. Les actions motrices en escalade sont donc constituées :

- * d'actions d'équilibrations
- * de déplacements segmentaires

C'est pour cette raison que l'on observe, dans les déplacements, une alternance de phases statiques et dynamiques.

L'ensemble des actions motrices que le grimpeur met en oeuvre pour déplacer l'axe général de son corps d'une surface d'équilibration à une autre s'appelle une séquence de grimper, c'est l'unité motrice de base. Elle se décompose en trois phases::

- 1- équilibration**
- 2- déplacement segmentaire (pointer-saisir)**
- 3- transfert du CG puis rééquilibration etc...**

On peut en déduire que la difficulté d'un passage dépendra du nombre optimal de mouvements à programmer et de la complexité des gestes techniques à réaliser.

Lignes d'appui, lignes d'équilibration et lignes d'action

La maîtrise de l'équilibre général du corps et de ses appuis au cours du mouvement s'obtient par un jeu de forces de tractions et/ou de poussée, conjuguées ou opposées, appliquées sur les prises. Ces forces se répartissent selon des lignes que l'on peut distinguer en fonction de la nature de leurs combinaisons inter-segmentaires et de leurs fonctions respectives.

Lorsque ces lignes de force correspondent au couplage des forces de traction et/ou de poussée exercées sur des prises par deux segments corporels de même nature (membres supérieurs ou inférieurs), on les appelle *lignes d'appuis* (manuelles ou pédestres).

Lorsqu'elles servent à contrôler la posture d'équilibre en phase statique ce sont des *lignes d'équilibration*, et quand il s'agit du contrôle du déplacement en phase dynamique on les nomme *lignes d'action*.

Elles correspondent à la résultante des couplages de forces de traction et de poussée entre les mains et les pieds. Elles représentent les synergies fonctionnelles possibles associant les deux lignes d'appui autour desquelles le grimpeur construit son polygone d'équilibration ou d'action.

-> si les lignes d'actions coïncident aux diagonales du quadrilatère (lignes reliant les 4 appuis), elles déterminent un mode de mouvement croisé (type grimper à l'échelle).

-> si elles coïncident à l'un des deux cotés (homolatérale), on a un mode de déplacement à l'amble (grimper en drapeau).

Chaque séquence gestuelle met en jeu une ligne d'action, puisque c'est autour de l'un de ces axes que se construit son architecture générale. Lorsque le grimpeur enchaîne deux mouvements, il passe d'une ligne d'action à une autre.

Pour libérer un segment (ex: une main) et déplacer son centre de gravité, le grimpeur utilise une *ligne d'action dominante* passant par la main restant sur la paroi et l'appui pédestre sur lequel s'exerce préférentiellement la poussée. La ligne d'action secondaire correspond à cette même main et au second appui pédestre sur lequel le poids du corps ne s'exerce que faiblement. Elle ne participe pas directement au mouvement, mais elle contribue à résoudre des problèmes d'amplitude, de précision, d'équilibre général du corps et de vitesse. Elle permet le contrôle des masses musculaires "passives" et représente l'assise sur laquelle va s'appuyer l'action des masses actives.

C'est en concevant ces lignes d'actions dominantes que la configuration des prises prend un sens pour le grimpeur, lui permettant par déduction d'anticiper les gestes et de choisir le mouvement le plus approprié.

Fondamentaux techniques

Grimper efficacement, c'est respecter un certain nombre de principes bio-mécaniques caractérisant les trois aspects fondamentaux de la technique.

Fondamentaux techniques	Principes bio-mécaniques
S'équilibrer	C'est créer des couples de force dont la somme est nulle , assurant la projection du CG sur ou le plus près possible de la base de sustentation . Il s'agit donc de maintenir le CG le plus près possible de la paroi : + en alignant pied-bassin-tronc (gainage) + en appliquant des forces de poussée et/ou de traction, de même sens ou de sens opposé.

Fondamentaux techniques	Principes bio-mécaniques
Pointer - Saisir	C'est <u>libérer un appui</u> pour déplacer un bras ou une jambe. Pour cela il est nécessaire de : + créer une ligne d'action dominante passant par la main en appui et le pied sur lequel s'exerce le CG. + contrôler les masses passives avec la ligne d'action secondaire. C'est <u>contrôler du regard</u> le déplacement du pied ou de la main jusqu'à sa pose. C'est <u>créer un appui</u> en : + favorisant les frottements de surface: surface optimale de frottement / forme du pied<->surface possible offerte par la prise. + utilisant le sens optimal pour provoquer la plus grande force de réaction. + alignant appui-bassin puis bassin-tronc. + fixant la cheville + exerçant des forces de poussée-traction-coincement-verrouillage + transférant le plus de poids possible sur le(s) pied(s) avant de développer.
Se déplacer	Transférer le poids du corps d'un appui pied sur l'autre: + projection du CG au dessus de l'appui + l'action des jambes précède celle des bras + amplitude du transfert + placement du genou au delà de l'appui. Orienter ses appuis en fonction du mouvement suivant Enchaîner les phases de la séquence : rythme d'exécution.

Plus on s'oriente vers le haut niveau, plus les phases de déplacement augmentent par rapport aux phases d'équilibration, lesquelles sont de plus en plus intégrées aux mouvements eux mêmes. C'est ce qui donne cette impression de fluidité dans l'enchaînement des actions.