

LA PERCEPTION DES EXIGENCES DANS LES TACHES DE GRIMPER.

Didier Delignières¹,
Chantalle Thépault-Mathieu²,
Jean-Pierre Famose¹,
Philippe Fleurance¹.

¹ Laboratoire de Psychologie du Sport, INSEP, Paris.

² Laboratoire de Biomécanique, INSEP, Paris.

Résumé: L'objectif de l'expérience présentée est d'analyser la perception des exigences dans des tâches complexes d'escalade. 15 grimpeurs de haut-niveau sont confrontés à 27 passages aménagés sur une structure artificielle d'escalade. On procède à la construction d'échelles psychophysiques de rapport, en ce qui concerne le niveau global d'exigence, puis en distinguant l'effort physique et la difficulté informationnelle. Des relevés électromyographiques sont également réalisés, afin d'évaluer l'effort objectif fourni par les sujets. On fait l'hypothèse, conformément aux divers travaux portant sur ce thème, que l'effort perçu est une fonction puissance de l'effort objectif, et que la difficulté perçue est une transformation exponentielle de la quantité d'information moyenne à traiter pour le contrôle de l'action. Les résultats confirment ces hypothèses, et apportent des éclairages nouveaux sur l'intégration des deux dimensions investiguées dans un sentiment global d'exigence.

Mots-clés: Difficulté, effort, psychophysique, escalade.

Abstract: The aim of this experiment is to investigate the perception of requirements in climbing complex tasks. 15 expert climbers are performing on 27 tasks, on an artificial climbing wall. Psychophysic ratio scales are constructed, concerning firstly the global requirement level, and secondly exertion and informationnal difficulty. Electromyographic datas are collected in the aim to evaluate the objective effort provided. According to previous experiments the hypotheses are proposed that perceived exertion is a power function of objective exertion, and that perceived difficulty is an exponential function of the average amount of information to be treated. The results are confirming this hypotheses, and give some explanations on the process of integration of the two investigated dimensions in a global feeling of requirement.

Key-words: Difficulty, exertion, psychophysics, climbing.

Les travaux réalisés sur la perception de l'effort ou de la difficulté ont généralement porté sur des tâches simples, et fortement saturées sur l'une des deux dimensions. Ainsi, en ce qui concerne la dimension bio-énergétique, Borg (1962) montre que la relation entre effort objectif et effort perçu, au cours d'une épreuve sur bicyclette ergométrique, est une fonction puissance, d'exposant 1.6. Dans le cadre des exigences informationnelles, Delignières (1990), en utilisant des tâches de pointage manuel et des tâches de recherche visuelle, montre que la difficulté perçue est une transformation exponentielle de la quantité moyenne d'information à traiter pour réaliser la tâche. L'expérimentation présentée a pour objectif de valider, au niveau d'une tâche complexe, les résultats obtenus précédemment dans des tâches simples.

Il apparaît en outre que dans les situations sportives, les deux types d'exigence s'imposent simultanément aux sujets. Se pose alors le problème de l'intégration des différentes dimensions caractérisant les exigences de la tâche dans un jugement global et totalisant. C'est le cas en escalade, où la cotation proposée pour une voie "résumé" l'éventail des obstacles présents: engagement, exposition, intensité athlétique, difficulté technique, complexité de recherche du cheminement,... Le second objectif de cette expérience sera d'examiner la logique de l'intégration perceptive des dimensions bio-énergétique et bio-informationnelle, dans la construction d'un jugement global sur le niveau d'exigence de la tâche.

METHODE.

Population.

15 grimpeurs de haut-niveau, d'âge moyen 26 ans et 8 mois (écart-type 6 ans 2 mois), participent à l'expérience. Leur niveau médian est en falaise de 7b à vue et 7c+ après travail. Ces grimpeurs résident pour la plupart en Région Parisienne, et de ce fait possèdent une bonne expérience de l'escalade en bloc.

Dispositif expérimental.

L'expérience a lieu sur une structure artificielle d'escalade, constituée par une plaque de contreplaqué de 4 mètres de haut sur 3 de large, fixée sur un cadre rigide. Cette plaque peut pivoter autour d'un axe situé au niveau de son bord supérieur, ce qui permet de lui donner une inclinaison variable, de 100 degrés à 70 degrés. Cette plaque est équipée d'une trame de chevilles permettant d'y ajuster des prises mobiles (cf. Figure 1).

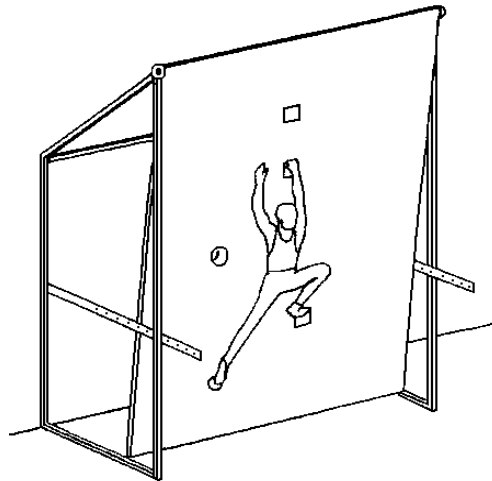


Figure 1: Vue de la structure utilisée.

Le schéma de base des tâches proposées est le suivant: L'emplacement des prises ne varie pas en cours d'expérience. Les passages sont constitués de 6 prises, dont 4 prises invariantes et 2 prises variables. Les prises invariantes ont été choisies de telle sorte que leur facilité d'utilisation ne soit pas altérée par une modification de l'inclinaison du mur. Leur disposition précise est indiquée en figure 2. Les sujets utilisent les prises P1, P2 et P3 (prises invariantes) pour s'équilibrer sur le système de prises variables PM et PP. On précise que PM est utilisé en main droite, et PP en pied droit. Les sujets doivent alors s'élever, en utilisant uniquement ces deux prises, pour aller chercher la prise invariante P4 en main gauche. On demande en outre aux sujets d'accomplir ce mouvement de manière "statique", sans prendre d'élan à l'aide des prises invariantes.

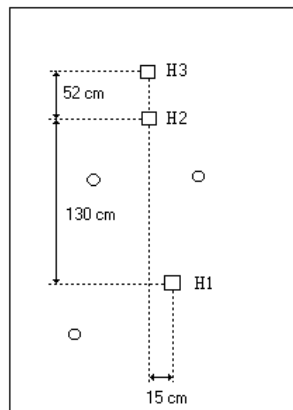


Figure 2: Représentation schématique de la tâche expérimentale.

Les prises variables sont des réglottes rectangulaires de 10 centimètres de large. Leur profondeur est de 2,4, 1,2, 0,6 centimètres pour les prises de main, et de 1,2, 0,6 ou 0,3 centimètres pour les prises de pied. On utilise trois niveaux d'inclinaison du mur (angle β): 80 degrés, 95 degrés, et 110 degrés. On dispose d'un jeu de 12 prises mobiles permettant, pour tous les niveaux d'inclinaison du mur, que les réglottes des prises variables soient horizontales (cf. Figure 3).

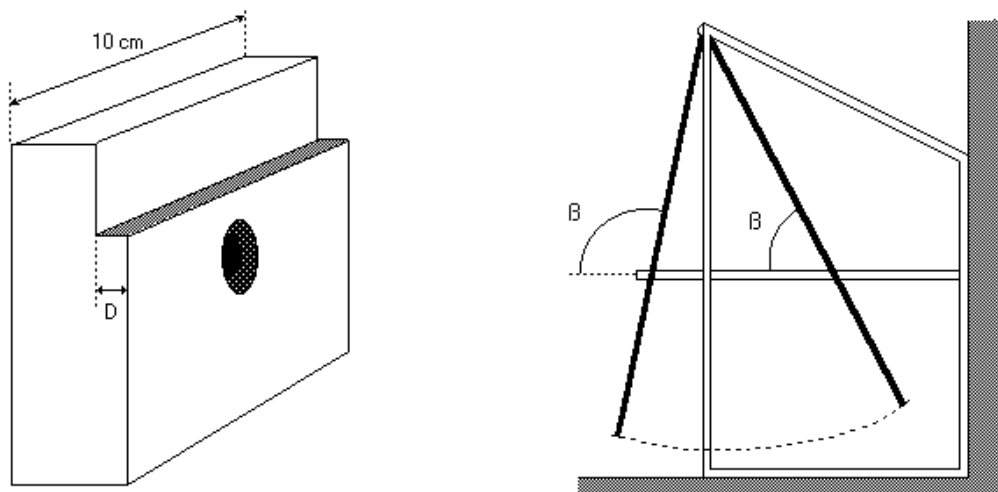


Figure 3: Les dimensions de variation du dispositif expérimental: la profondeur (D) des prises (la partie utilisable est hachurée) et l'angle d'inclinaison du mur (β).

En croisant les trois niveaux d'inclinaison du mur, et les trois profondeurs possibles pour la prise variable de pied et la prise variable de main, on obtient 27 tâches expérimentales.

Procédure.

On demande à chaque sujet de construire 3 échelles psychophysiques de rapport, selon la méthode d'estimation des grandeurs (Stevens, 1968/69). Après travail et réussite de chaque tâche, le sujet en évalue:

1. **Le niveau global d'exigence.**
2. **L'effort requis** (on précise aux sujets qu'il s'agit de l'effort *musculaire* nécessaire au franchissement du passage).
3. **La difficulté informationnelle** (cette dimension est expliquée aux sujets en termes de précision, de marge d'erreur permise dans le contrôle du mouvement).

Pour la construction de ces trois échelles, la tâche la plus facile sert de module. On lui attribue arbitrairement la cotation 10 sur les trois échelles. L'ordre des passations est randomisé au maximum d'un sujet à l'autre. Néanmoins, au vu de la lourdeur du plan expérimental et de la difficulté extrême de certaines tâches, on respecte une gradation globale du niveau d'exigence au cours de chaque passation.

En outre, pour 5 grimpeurs du groupe expérimental, on procède à des relevés électromyographiques, au niveau de la loge antérieure de l'avant bras (palmaires et fléchisseur commun profond), du biceps brachial et du grand pectoral. Ces relevés concernent le membre supérieur droit, qui est le plus sollicité dans la séquence-clé des 27 tâches.

Traitement des données.

En ce qui concerne les échelles de rapport, on calcule pour chaque tâche la moyenne des scores obtenus. Le niveau d'exigence des tâches proposées étant pour certaines d'entre elles très élevé, tous les sujets n'ont pas pu réaliser l'ensemble de l'expérience. Les données absentes (3 au maximum par sujet) sont reconstituées graphiquement. On se base pour cela sur le profil des données des sujets ayant réalisé toutes les tâches, et sur le profil particulier des données disponibles chez le sujet concerné.

Les tracés électromyographiques sont traités en intégrant les courbes à +/- 0.5 secondes autour du pic pour chaque groupe musculaire. Si les données contenues dans l'intervalle temporel standard sont trop hétérogènes (par exemple, sur une bouffée d'activité extrêmement rapide), on réduit cet intervalle pour isoler les données pertinentes. Sur les cinq sujets soumis à l'électromyographie, un a réalisé toutes les tâches, deux en ont réalisé 25, et les deux derniers 23. Les données manquantes sont reconstituées graphiquement. On calcule ensuite la moyenne pour chaque tâche et chaque groupe musculaire. A la suite de problèmes techniques, les relevés du pectoral pour l'un des sujet ne sont pas exploitables. Les données moyennées pour ce muscle ne concernent donc que quatre sujets.

RESULTATS ET DISCUSSION.

Effort perçu et effort objectif.

L'étude de la corrélation par les rangs entre les relevés électromyographiques et l'effort perçu fait apparaître de larges différences entre groupes musculaires. Les valeurs obtenues sont les suivantes:

-Fléchisseur commun profond..... $r=.989$

-Palmaires..... $r=.937$

-Biceps..... $r=.834$

-Grand pectoral..... $r=.558$

Le stimulus pertinent pour la construction de l'effort perçu semble clairement résider au niveau des muscles de la loge antérieure de l'avant-bras. Ce résultat est cohérent avec de nombreuses recherches antérieures, montrant que lors d'efforts courts, le stimulus pris en compte par les sujets est local et d'origine lactique (Ekblom et Goldbarg, 1971; Robertson, 1982). Il indique néanmoins que la délimitation de ce stimulus dépasse largement la dichotomie central/local utilisée par les différents auteurs. D'une manière générale, et pour l'ensemble des activités sportives, la localisation des signaux pertinents pour la construction de l'effort perçu semble une voie de recherche importante, dans un premier temps afin d'en élucider les mécanismes, et dans un second pour optimiser les processus de tolérance psychologique à l'effort.

Si l'on construit une échelle d'effort objectif en faisant la moyenne par tâches des valeurs obtenues pour le fléchisseur commun et les palmaires, cette nouvelle échelle présente une corrélation par les rangs avec l'effort perçu de $r=.991$. Si l'on recherche la meilleure fonction d'ajustement entre l'effort objectif et l'effort perçu, on obtient une fonction puissance, d'exposant 2.441.

$$EP = (.047) * EO^{2.441} \quad (r=.994)$$

La fonction d'ajustement est représentée en figure 4. Ce résultat est cohérent avec l'ensemble des travaux réalisés sur la perception de l'effort (Borg, 1962, 1974, 1982; Borg et coll., 1987; Stevens et Cain, 1970; Cafarelli, Cain et Stevens, 1977).

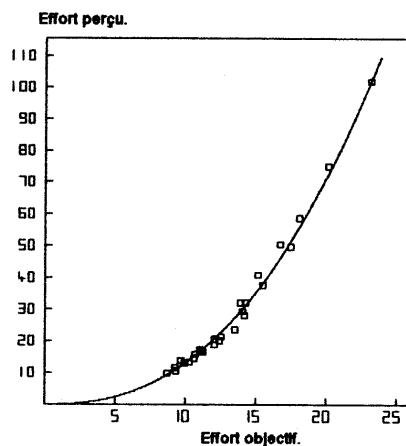


Figure 4: Relation effort objectif-effort perçu dans les 27 tâches de grimper.

Difficulté perçue et quantité d'information.

En ce qui concerne la difficulté informationnelle, le protocole expérimental ne nous a pas permis de bâtir une échelle de difficulté objective. Néanmoins, considérant que la difficulté objective correspond à la quantité moyenne d'information à traiter pour contrôler le mouvement, nous avons tenté d'appliquer dans le cadre de cette expérience une démarche similaire à celle proposée par Fitts (1954) à propos des tâches de pointage. Raisonnant par analogie avec les concepts fondamentaux de la théorie de l'information, Fitts estime que la quantité d'information à traiter pour pointer un cible est égale au logarithme du rapport surface de la cible/surface possible d'impact. Dans cette logique, on peut dire que la quantité d'information apportée par une prise est égale au logarithme de la surface de la prise, divisée par un dénominateur commun à l'ensemble de la série. Cette démarche nous a permis d'avancer l'équation suivante, PM et PP représentant les profondeurs respectives des prises de main et de pied, β l'angle d'inclinaison du mur, a, b, c, et e des constantes (pour une analyse détaillée, voir Delignières, 1990).

$$DO = a \log(1/PP) + b(e + \cos\beta) \log(1/PM) + c. \quad (1)$$

Après réduction et centration des données, on cherche, en posant $a=1$ et $c=0$, s'il est possible de trouver des valeurs de b et de e pour que la corrélation par les rangs entre DO et l'échelle de difficulté perçue soit maximale. Cette corrélation est obtenue pour

$$b = .8 \quad \text{et} \quad e = .463$$

On a alors une corrélation par les rangs de $r = .979$ entre les deux échelles. Si l'on cherche maintenant le meilleur ajustement entre l'échelle ainsi construite de la difficulté objective et l'échelle de difficulté perçue, on trouve une fonction exponentielle.

$$DP = (.707) * e^{(.518)*DO} \quad (r = .955)$$

Ce résultat est cohérent avec les travaux réalisés antérieurement sur la perception de la difficulté (Borg, Bratfisch et Dornic, 1971a, 1971b; Bratfisch, Dornic et Borg, 1972; Delignières, 1990). Cette fonction d'ajustement est représentée en figure 5.

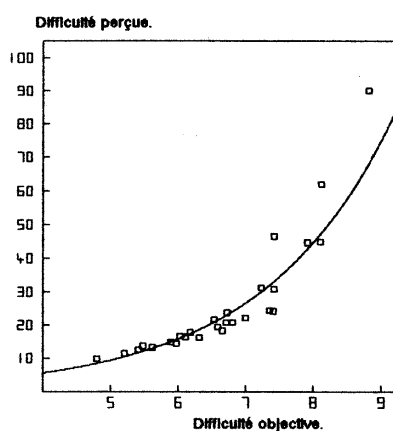


Figure 5: Relation entre la difficulté objective, calculée à partir de l'équation (1), et la difficulté perçue.

Niveau global d'exigence, effort et difficulté perçus.

Partant des trois échelles de rapport construites lors de l'expérimentation, on peut se demander quelles sont les contributions respectives de l'effort et de la difficulté dans la formation du jugement concernant le niveau global d'exigence. Une analyse de régression multiple donne les résultats suivants:

$$Z_{EGP} = (.668) * Z_{EP} - (.006) * Z_{DP} + (.013) \quad (r = .992).$$

Il semble que l'évaluation globale des exigences de la tâche, en escalade, se base davantage sur l'effort physique produit que sur la précision requise. Globalement, l'influence de la difficulté informationnelle paraît même négligeable. Néanmoins, si l'on pousse l'analyse en différenciant par type de tâche, on s'aperçoit que dans certains cas, la précision requise joue un rôle plus important. C'est le cas notamment quand la prise de main est la plus grande (les poids respectifs pour l'effort et la difficulté perçus sont alors .399 et .632). Or, la taille de la prise de main est un facteur primordial pour la grandeur de l'effort requis. Plus l'effort à fournir sera faible, plus

les variations en difficulté auront d'influence sur l'évaluation globale des exigences. A contrario, avec l'élévation de l'effort, l'évaluation des exigences semble se focaliser sur la dimension énergétique, et les variations en difficulté informationnelles, fussent-elles importantes, n'ont plus d'influence marquée. On pourrait décrire ce processus comme *une maximalisation, autour d'une dimension dominante*.

Il convient maintenant de se demander si cette dominance énergétique mise en évidence est spécifique à l'escalade, à la pratique sur bloc, ou réduite à nos conditions expérimentales. Nous sommes plutôt portés à croire en un processus plus général, débordant le cadre de l'activité qui nous a servi de support expérimental.

CONCLUSION.

Cette expérience montre que les techniques psychophysiques classiquement utilisées pour l'étude fondamentale de la perception des exigences de tâches simples peuvent être reprises dans le cadre de tâches sportives complexes. Le rôle de la perception des exigences dans la régulation des émotions et de la motivation est attesté par de nombreuses théories (Atkinson, 1957; Kukla, 1972; Harter, 1978). A cet égard, ce type de recherche nous semble ouvrir d'intéressantes perspectives, tant fondamentales qu'appliquées, pour l'analyse de la performance et l'optimisation de l'apprentissage.

BIBLIOGRAPHIE.

- Atkinson, J.W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64, 6, 359-372.
- Borg, G.A.V. (1962). *Physical performance and perceived exertion*. Lund: Gleerup.
- Borg, G.A.V. (1974). *On a general scale of perceptive intensities*. Reports from the Institute of Applied Psychology, University of Stockholm, n°55.
- Borg, G.A.V. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. In Geissler H.G. et Petzold P. (Eds.), *Psychological Judgement and the Process of Perception*. Berlin: VEP Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Borg, G.A.V., Bratfisch, O., & Dornic, S. (1971a). *Perceived difficulty of an immediate memory task*. Reports from the Institute of Applied Psychology, University of Stockholm, n°15.
- Borg, G.A.V., Bratfisch, O., & Dornic, S. (1971b). *Perceived difficulty of a visual search task*. Reports from the Institute of Applied Psychology, University of Stockholm, n°16.
- Borg, G.A.V., Van den Burg, M., Hassmen, P., Kaijser, L. & Tanaka, S. (1987). Relationships between perceived exertion, HR and HLa in cycling, running and walking. *Scandinavian Journal of Sport Science*, 9, 3, 69-77.
- Bratfisch, O., Dornic, S., & Borg, G. (1972). *Perceived difficulty of items in a test of reasoning ability*. Reports from the Institute of Applied Psychology, University of Stockholm, n°28.
- Cafarelli, E., Cain, W.S. & Stevens, J.C. (1977). Effort of Dynamic Exercise: Influence of Load, Duration, and Task. *Ergonomics*, 20, 2, 147-158.
- Delignières, D. (1990). *La difficulté en escalade. Exigences objectives et perception des exigences des tâches motrices*. Mémoire pour le diplôme de l'INSEP.
- Ekblom, B. & Goldbarg, A.N. (1971). The influence of physical training and others factors on the subjective rating of perceived exertion. *Acta Psychologica Scandinavica*, 83, 399-406.
- Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of experimental Psychology*, 47, 6, 381-391.
- Harter, S. (1978). Pleasure derived from optimal challenge and the effects of receiving grades on children's difficulty level choices. *Child Development*, 49, 788-799.
- Kukla, A. (1972). Foundations of an attributional theory of performance. *Psychological Review*, 79, 6, 454-470.
- Robertson, J.R. (1982). Central signals of perceived exertion during dynamic exercise. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 14, 390-396.

- Stevens, J.C. & Cain, W.S. (1970). Effort in isometric muscular contraction related to force level and duration. *Perception and Psychophysics*, 8, 240-244.
- Stevens, S.S. (1968/69). Le quantitatif et la perception. *Bulletin de Psychologie*, 276, 696-704.