



La physique de l'aviron

ROLAND LEHOUCQ • JEAN-MICHEL COURTY

Pour réduire le temps de parcours, il faut alléger le bateau et ramer aussi régulièrement que possible pour que la vitesse soit constante.

En août 2001, huit athlètes français sont devenus champions du monde d'aviron en catégorie «poids légers», après avoir ramé 2 000 mètres à la vitesse moyenne de 21,4 kilomètres par heure. Comment ont-ils fait? Les rameurs propulsent leur bateau en faisant levier sur l'eau à l'aide de leurs rames. Ceux qui pratiquent l'aviron s'assoient face à l'arrière de leur esquif et plongent leurs avirons dans l'eau le plus «souplement» possible avant d'appuyer. Afin de réduire le nombre d'immersions des avirons dans l'eau, les rameurs sont assis sur des chariots mobiles ; ils plongent les rames quand les jambes sont repliées, et sortent les rames de l'eau quand ils sont couchés vers l'arrière, jambes étendues. Cette combinaison de mouvements amplifie la course des avirons, de sorte que l'effet de levier dure plus longtemps.

Leur esquif lancé, l'objectif des rameurs est de contrebalancer, par un effort continu et régulier, l'usure naturelle du mouvement par les divers frottements liquides. À l'évidence, les causes de déperdition d'énergie sont nombreuses : chaque aviron frotte sur l'eau et les avirons cèdent une partie de leur quantité de mouvement au liquide, perdant ainsi une petite fraction de l'énergie développée par le rameur. Un rameur habile minimise cette perte en «s'appuyant» sur l'eau au maximum plutôt qu'en la mettant en mouvement. C'est pourquoi, quand les rameurs sont de bons techniciens, l'essentiel de la résistance à l'avancement du bateau provient du frottement de la coque sur l'eau et de la résistance de la vague, dite d'étrave, créée à l'avant du bateau.

Dans les conditions calmes habituelles des compétitions d'avirons, la force de frottement est égale au carré de la vitesse du bateau multiplié par la valeur de sa surface immergée et par un certain coefficient de structure. Comme son nom l'indique, ce «coefficient de structure» dépend de la texture et de la forme de la partie immergée de la coque ; le matériau ultralisse et la forme longue et effilée adoptés pour construire les bateaux de compétition abaissent ce coefficient et réduisent les vagues et les remous. Selon le principe d'Archimède, le volume immergé est égal à la masse du bateau divisée par la masse volumique de l'eau. Pour que le volume, et donc la surface immergée, et donc les frottements, soient aussi réduits que possible, les constructeurs allègent au maximum leurs esquifs : le poids d'un skif – un bateau à un seul rameur –, est d'à peine 20 kilogrammes, celui d'un bateau à huit rameurs n'excède guère 100 kilogrammes.

Pour que le bateau avance à une certaine vitesse, les rameurs doivent fournir une puissance constante égale à la puissance

développée par la force de frottement. Cette force étant proportionnelle au carré de la vitesse du bateau, la puissance de propulsion nécessaire (force multipliée par la vitesse) croît comme le cube de cette vitesse. Lorsque les rameurs redoublent d'efforts, ils n'accroissent la vitesse que de... 26 pour cent. Une comparaison entre les performances d'un rameur moyen et celles d'un champion illustre encore mieux le phénomène : seul sur son skif, un rameur en bonne santé atteint et maintient facilement environ 14 kilomètres par heure. Pendant toute la durée de l'effort, il dépense 250 watts. Toutefois, s'il souhaite devenir un champion, il lui faut presque doubler cette puissance. Il n'accroît alors sa vitesse que de... 3,6 kilomètres par heure. Lancé sur 2 000 mètres à une vitesse moyenne d'environ 17,6 kilomètres par heure, un champion de skif maintient cet effort considérable pendant sept minutes!

CONVERSION PUISSANCE/VITESSE

La faible conversion puissance/vitesse explique qu'un «huit» soit à peine plus rapide qu'un «skif». Comparons la performance des champions du monde français en bateau à huit à celle des champions de skif sur la même distance. Nos athlètes ont fourni une puissance de propulsion totale voisine de 4 000 watts, qui servait à emmener le poids du bateau plus celui du barreur et des rameurs. À peu près neuf fois plus lourde qu'un skif, leur embarcation était freinée en proportion de sa surface immergée, laquelle varie à peu près comme la puissance $2/3$ du volume immergé : celle d'un bateau à huit rameurs est donc quelque $4,33$ ($9^{2/3}$) fois plus grande que celle d'un skif. Ainsi, alors que les huit rameurs fournissent environ huit fois plus de puissance, leur poids et celui du barreur engendrent $4,33$ fois plus de frottements. Si l'on suppose que chaque équipier fournit la même puissance qu'un rameur de skif, la vitesse du bateau à huit est égale à celle du skif multipliée par la racine cubique du rapport $8/4,33$, ce qui représente un accroissement de seulement 23 pour cent. Nous déduisons de ce raisonnement que la vitesse d'un bateau de huit équipiers, tous capables de soutenir une vitesse de 17,6 kilomètres par heure en skif, est d'environ 21,6 kilomètres par heure, une valeur voisine des 21,4 kilomètres atteints par nos champions.

Pour utiliser l'énergie de son équipe de façon optimale, le barreur veille à ce que la vitesse du bateau soit aussi constante que possible pendant toute la course, les rameurs s'efforçant quant à eux de maintenir cette vitesse constante pendant chacun de leurs mouvements synchronisés.



Dessiné de Bruno Vacaro

Se pliant et se dépliant, le rameur allonge au maximum le mouvement de levier sur l'eau, par lequel il propulse son bateau.