

## Gréements en tandem pour les huit avec barreur

*Ce texte est une vignette du projet Klein, de Graeme Cohen (université de Technologie de Sydney, Australie) qui a été traduite et adaptée par Jean Moussa. Après lecture de cet article, vous regarderez sans doute d'un autre œil les compétitions d'aviron des jeux de Londres.*

### Introduction

Cette vignette montre comment des mathématiques très anciennes ont pu servir, dans les années 1970, à expliquer les avantages de certaines dispositions des rames sur les bateaux de course. Ces dispositions (« gréements en tandem ») sont particulièrement avantageuses lorsqu'il n'y a pas de barreur, mais les traditionalistes du milieu de l'aviron, comme tant d'autres, ne se laissent pas facilement convaincre.

Les mathématiques utilisées ici sont des plus vénérables. La notion de moment d'une force était connue d'Archimède de Syracuse (env. 287 av.J.C. – env. 212 av.J.C.) et il l'exprima dans son fameux : « donnez moi un point d'appui et je soulèverai le monde ! ». Nous utiliserons aussi la notion de décomposition d'une force, c'est-à-dire l'addition géométrique des vecteurs, déjà connue de Simon Stevin (1548-1620).

### Gréements pour l'aviron

Le grément désigne la manière dont les rameurs sont installés sur un bateau (de même qu'il désigne la manière dont les voiles sont disposées pour les bateaux à voile). Le grément standard pour le huit avec barreur est donné par la figure 1. Le gouvernail et le barreur sont en O, le bateau avance dans la direction indiquée par la flèche. Le rôle du rameur de proue (le plus éloigné de O) est très important et les rameurs sont chacun spécialisés d'un côté (rameur de bâbord ou de tribord). Sur la figure, le rameur de proue (qui, rappelons-le, tourne le dos au sens désigné par la flèche) rame à bâbord<sup>(1)</sup>. On peut utiliser la disposition symétrique qui échange le côté pour les huit rameurs.



figure 1

On peut aussi et c'est le sujet de cette vignette, utiliser le grément allemand (figure 2) ou l'italien (figure 3). Ils sont appelés gréements en tandem. Nous allons expliquer quels avantages de tels gréements procurent.

(1) Les mots tribord et bâbord viennent du norrois « *styr bord* » et « *bakk bord* », où « *styr* » signifie « gouvernail », « *bakk* » signifie derrière. Le barreur étant le plus souvent droitier, on fixait à tribord un simple aviron, ainsi le barreur tout en le tenant n'était pas gêné pour voir vers l'avant, il tournait ainsi son dos à « *bakkboord* ».



figure 2

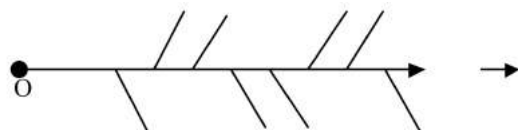


figure 3

Les sportifs et leurs entraîneurs ignorent généralement les aspects scientifiques associés à ces divers gréements, comme il apparaît dans cet extrait d'un article d'*Australia in word rowing* (1984), au sujet du huit se préparant pour la *Kings'cup* à Brisbane en 1963.

En arrivant à Brisbane pour l'entraînement nous avons appris que notre nouveau bateau commandé pour l'occasion avait subi un accident et ne nous serait pas livré. Nous fûmes réduits à emprunter un bateau de l'Université du Queensland. Il avait été gréé en tandem : les numéros quatre et cinq étaient à bâbord, et les numéros un et deux avaient été échangés. Cela nous parut compliqué et *illogique*<sup>(2)</sup> et il nous fallut du temps pour nous accoutumer à cette installation.

L'auteur précise par la suite que l'équipage gagna la course avec ce bateau d'emprunt, mais ne semble apporter aucun crédit à son gréement. Plus récemment, l'épreuve des jeux olympiques de Pékin (2008) fut remportée par le huit canadien, qui était gréé à l'allemande. Le gréement italien existe aussi pour les quatre sans barreur (figure 4) et équipait la majorité des finalistes des jeux de Sidney en 2000. Un sportif olympique australien, Nick Baxter, avait quelque idée des avantages de cette disposition comme il apparaît dans ces « FAQ » d'un site internet local.

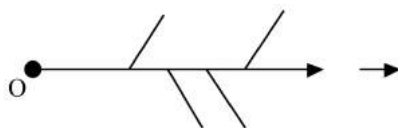


figure 4

Q : Vous courez avec un gréement en tandem pour un quatre sans barreur. Quelles différences cela fait-il pour vous ?

R : Pas grand-chose en ce qui concerne mes sensations sur le bateau. Il y a malgré tout quelques avantages pour la synchronisation des rameurs 2 et 3 et aussi pour la manière dont le bateau avance. En tandem, les forces sont partagées de sorte que le bateau avance naturellement plus droit, et l'homme de proue peut exercer toute sa force sans le faire dévier, on peut espérer que cela permet d'accroître la vitesse.

(2) Italique ajoutée par l'auteur de ce texte.

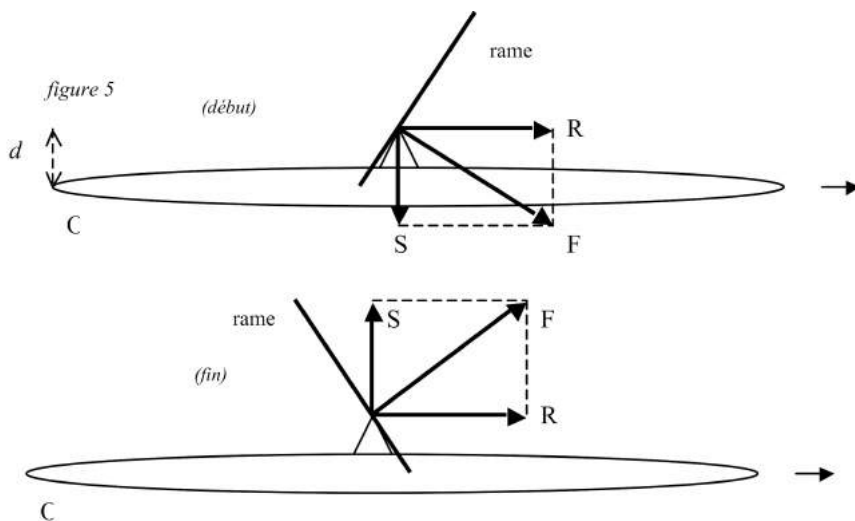
Le gréement standard de la figure 1 mène nécessairement à un effet de « godille », le bateau tendant à avancer de manière un peu sinueuse, chaque coup de rame déportant le bateau alternativement vers la gauche ou vers la droite. Cet effet est contrôlé par le barreur à l'aide du gouvernail, mais ce travail supplémentaire, mécaniquement, ne peut que ralentir le bateau.

Lorsqu'il n'y a pas de barreur, le gouvernail est tenu par le dernier rameur, qui se sert d'une cordelette attachée à son gros orteil. On devine aisément que plus l'effet de godille est grand, plus la tâche de celui qui tient le gouvernail est difficile.

Nous allons voir que les gréements en tandem permettent d'éviter ce phénomène.

### Analyse

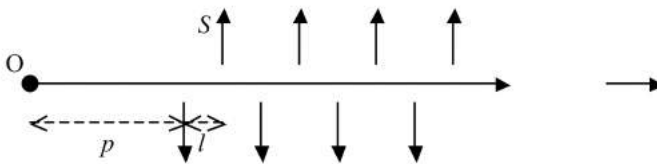
Nous proposons d'abord un modèle pour un coup de rame. Lorsqu'elle est actionnée, la rame exerce une force  $F$  sur le bateau, au point de contact avec son support. Cette force est supposée perpendiculaire à la rame comme illustré sur la figure 5. Nous décomposons cette force en  $R$ , composante parallèle à l'axe du bateau et  $S$ , composante perpendiculaire. L'orientation de la force varie pendant l'action du rameur. On donne deux vues de dessus, l'une au début et l'autre en fin de mouvement. On constate que  $S$  change de sens lorsque la rame passe elle-même la position perpendiculaire.



Considérons maintenant les huit rames ; on suppose (ce qui est exact) que l'espacement des huit rameurs est constant, que les rames effectuent leurs mouvements de manière exactement synchrone (ce qui est l'état de perfection dont on s'approche par l'entraînement) et qu'ils exercent tous la même force (ce qui est très approximatif, mais qui est inévitable si l'on veut limiter le nombre d'inconnues). Le moment d'une force par rapport à un point  $O$  est le produit vectoriel de la force et du vecteur joignant  $O$  à son point d'action. Le moment d'une somme de forces est

simplement la somme des moments de chacune d'entre elles. Pour calculer ces moments, on peut utiliser la décomposition des forces en leurs deux composantes ci-dessus.

Notons  $d$  la distance du point d'appui de la rame à l'axe du bateau. Les moments des composantes  $R$  valent  $\pm Rd$  et ont une somme nulle du fait qu'il y a quatre rameurs d'un côté et autant de l'autre. Les composantes  $S$ , en revanche, s'additionnent de manière différente selon les gréements. On notera  $p$  la distance entre le gouvernail (et le barreur) et le rameur le plus proche (le numéro 8),  $l$  la distance séparant chaque rameur de son ou ses voisins.



Pour le gréement standard, on obtient un moment total des composantes  $S$  égal à :

$$-Sp + S(p+l) - S(p+2l) + S(p+3l) - S(p+4l) + S(p+5l) - S(p+6l) + S(p+7l).$$

On voit que le moment ne dépend pas de  $p$  et vaut  $4Sl$ . La figure correspond à la partie finale du coup de rame (en bas dans la figure 5). Ce moment change de signe avec  $S$  d'où une oscillation constamment entretenue que le barreur cherchera à contrecarrer en s'aidant du gouvernail. Dans le cas du gréement à l'allemande, les signes de la somme précédente sont modifiés. La succession des signes est  $\{+, -, +, -, -, +, -, +\}$  et, comme  $0 - 1 + 2 - 3 - 4 + 5 - 6 + 7 = 0$ , le moment final est nul. Dans le cas du gréement à l'italienne, on a encore la nullité puisque les signes sont  $\{+, -, -, +, +, -, -, +\}$  et  $0 - 1 - 2 + 3 + 4 - 5 - 6 + 7 = 0$ .

Pour le quatre sans barreur, on peut faire les mêmes calculs et là encore, la disposition alternée donne un moment non nul, tandis que le gréement en tandem donne un moment nul.

## Conclusion

Les idées qui précèdent furent pour la première fois publiées par un mathématicien australien, Maurice Brearley<sup>(3)</sup>. Le travail fut poursuivi par John Barrow, de l'Université de Cambridge<sup>(4)</sup>.

Mais le milieu de l'aviron résiste, et dans le Washington Post on trouve un article à propos de la victoire des canadiens à Pékin en 2008 avec un gréement à l'allemande, dont la conclusion est la suivante :

(3) M.N.Brearley, « répartition des rames pour un huit avec barreur », dans *Optimal strategies in Sports*, S.P.Ladany & R.E.Machol, éditeurs, NorthHolland (1977) p.184-185. Les ouvrages de M.S.Townend, *Mathematics in sport*, Ellis Horwood, Chichester (1984) et G.Cohen & N. de Mestre, *Figuring sport*, Mathsport (2007) reprennent cette idée.

(4) « Rowing and the same-sum problem have their moments », arXiv :09113551v3 (16 aug. 2010).

Pourquoi les canadiens utilisèrent-ils le gréement à l'allemande à Pékin ? Il semble que cela n'ait pas grand chose à voir avec la turbulence ou les moments de Barrow. Selon Volker Nolte, leur ancien entraîneur, professeur à l'Université du Western Ontario, les canadiens ont choisi ce gréement parce qu'il permettait à leurs rameurs les plus légers d'être installés au plus près de la proue, ceci après avoir pris en compte tous les autres facteurs. Ainsi, le bateau ayant sa proue allégée, il pouvait se comporter un peu plus comme un hydroglisseur, en réduisant les frottements sur l'eau.

On peut pourtant voir dans les succès récents des gréements en tandem une victoire des mathématiques. Ce qui est remarquable ici, c'est qu'il s'agit de mathématiques très anciennes, et qu'elles restent aussi bonnes qu'autrefois en ce qu'elles laissent toujours apparaître de nouvelles applications.