

**Zeitschrift:** Jeunesse et sport : revue d'éducation physique de l'École fédérale de gymnastique et de sport Macolin  
**Band:** 35 (1978)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Analyse hydrodynamique du mouvement des bras en brasse  
**Autor:** Schleihauf, Bob  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-997609>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Analyse hydrodynamique du mouvement des bras en brasse

Bob Schleihauf

paru dans la revue «La tecnica del nuoto»

La traction des bras en brasse est probablement le mouvement de propulsion le plus simple qui est utilisé dans la nage de compétition. Néanmoins, les opinions divergent quant à différentes questions fondamentales: l'eau doit-elle être tirée en arrière latéralement par «un coup de rame»? Faut-il serrer les coudes aux flancs, ou le mouvement des bras doit-il être court? Le mouvement des mains est-il accéléré uniformément vers l'arrière ou soumis à une autre loi? Bien qu'il soit possible de répondre d'une manière simple et précise à ces questions, il manque des données objectives. La meilleure source d'informations sur la technique de la brasse (comme pour les autres styles) est la séquence cinématographique. Différents paramètres du mouvement de brasse comme la *trajectoire de la traction, la vitesse et l'inclinaison de la main*, peuvent être mesurés avec précision à l'aide de films. Même si elles sont indirectes, ces mesures permettent d'améliorer la connaissance de la technique de traction, et si l'on ajoute «les principes de l'hydrodynamique» aux données que le film nous livre, les notions techniques sont encore approfondies. Par l'*analyse biomécanique* il est possible de mesurer aussi bien l'ampleur que l'orientation des forces effectives. *Les résultats obtenus représentent pour l'entraîneur des bases extrêmement objectives pour l'évaluation et la connaissance du mouvement des bras en brasse.*

### Modèle de trajectoire du mouvement des bras

Pour illustrer notre texte, nous prenons la brasse de Mc Kenzie comme modèle (NB: Don Mc Kenzie a remporté la médaille d'or sur 100 m brasse en 1:07.7 aux Jeux olympiques de Mexico 1968). Les films cités par l'auteur sont de Counsilman<sup>3</sup>, Speedo<sup>6</sup> et Sunkist<sup>7</sup>.

Les dessins du sujet 1 (fig. 1) présentent un bon nageur de «college» qui a un style de brasse ressemblant fort à celui de Mc Kenzie. La trajectoire de la traction – vue du bas – est presque identique au dessin exposé par Counsilman<sup>2</sup> pour Mc Kenzie; les vues de face et latérales correspondent strictement au modèle de la brasse vu dans Counsilman<sup>4</sup>. En observant avec attention la figure 1, on peut constater que la traction a *trois dimensions*. La trajectoire montrée (les lignes pointillées) est celle de l'index de la main droite par rapport à l'eau, c'est-à-dire la force qui est produite par l'action de la main sur eau calme. Le lecteur doit s'imaginer que la trajectoire de la main est fixe tandis que le corps se déplace – de gauche à droite (de la page) s'il est vu de côté, et de bas en haut s'il est vu d'en bas –. Cette dernière vision permet de constater que *la traction en brasse est sans aucun doute un coup de rame*. Le mouvement de la main est avant tout latéral (la main pousse vers l'extérieur aux points 3 à 10 et «rame»

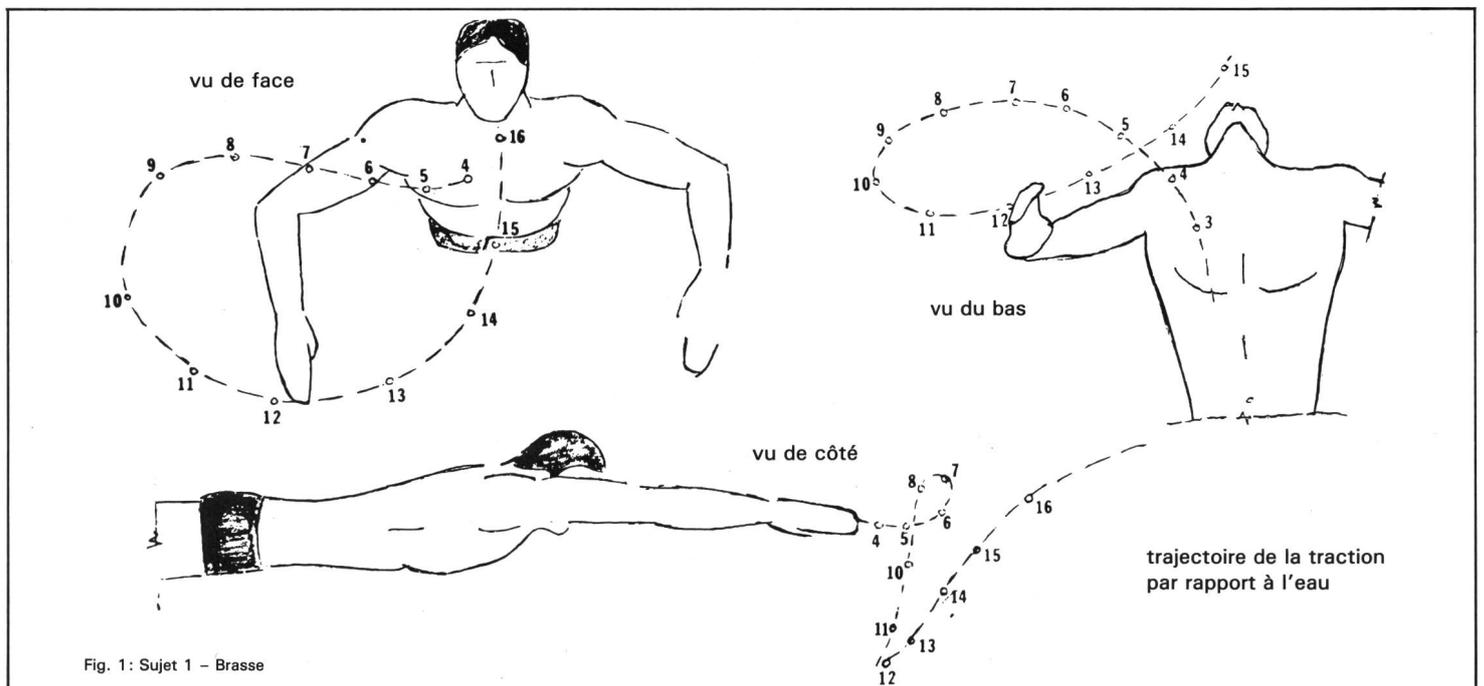
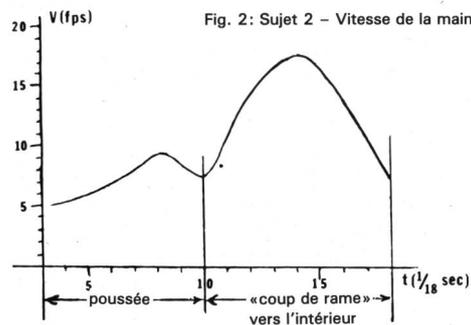


Fig. 1: Sujet 1 – Brasse

vers l'intérieur aux points 10 à 15 avec un léger mouvement vers l'arrière aux points 8 à 11). En effet, quel que soit l'amplitude sur l'axe horizontal, le mouvement vers l'avant prédomine si l'on suit la traction du début (point 3) jusqu'à la fin (point 11) comme le montre les visions latérale et de bas en haut. Cette démonstration devrait convaincre ceux qui soutiennent que l'eau est «tirée» en arrière que cette affirmation est fausse.

#### Vitesse du mouvement de la main

La vitesse du mouvement de la main a été mesurée à l'aide d'une séquence filmée d'un nageur auquel on avait fixé une source lumineuse dans la main. Les résultats de cette étude sont exposés, pour le sujet 1, à la figure 2. Toutes les valeurs sont en relation avec l'espace (c'est-à-dire en trois dimensions). On doit souligner que, même si des données précises sur Mc Kenzie ne sont pas à disposition, des mesures approximatives de la vitesse du mouvement de la main chez des nageurs de classe mondiale (Mc Kenzie, Jastronskie et Dahlberg) sont semblables à celles de la figure 2. Ce n'est pas une surprise parce que les trajectoires de la traction de ces 3 nageurs ressemblent à celle du sujet 1. Les valeurs effectives de la pointe de vitesse (vit. max.) peuvent être différentes suivant les dimensions et l'inclinaison de la main, la longueur du bras etc.; mais les courbes de la vitesse chez



les bons nageurs restent similaires. Si l'on établit une relation entre la courbe de la vitesse et la trajectoire des bras «de bas en haut», pour le sujet 1, on voit qu'il existe deux pointes de vitesse de la main. La première à  $\frac{2}{3}$  du mouvement (point 8) vers l'extérieur indiquant une accélération de la main aussi vers l'extérieur, la deuxième dans la phase finale «du coup de rame» vers l'intérieur indiquant le point culminant de l'action de traction. Il est intéressant de constater que lorsque la main se déplace vers l'arrière (point 10), la vitesse diminue (diagramme - point le plus bas).

On a l'impression que le nageur reconnaît inconsciemment que la poussée de l'eau directement en arrière est peu rentable. Par conséquent, l'effort est très petit jusqu'au moment où la main atteint la position garantissant encore un «coup de rame» efficace. Ces données assez intéressantes montrent qu'il n'y a pas d'accélération uniforme dans le mouvement en arrière, mais qu'il s'agit de déplacements latéraux par deux impulsions de vitesse moyenne.

#### Inclinaison de la main

Le paramètre le plus critique dans la connaissance de la nage est l'inclinaison de la main. Du point de vue technique, l'inclinaison de la main est l'angle entre l'orientation de la main et sa ligne d'action (voir Schleihauf<sup>5</sup>), même s'il peut être considéré subjectivement comme une mesure de la sensibilité à l'eau d'un nageur. Ce «sentiment de l'eau» (sensibilité de la main du nageur en relation avec l'eau), est de grande importance pour la production de force en natation.

#### Production de force

Une comparaison avec l'aile d'un avion (fig. 3) permet d'illustrer l'influence qu'exerce l'inclinaison de la main sur la production de force. La force maximale de «soulèvement» est obtenue lorsque l'angle d'inclinaison de l'aile est d'environ  $18^\circ$ . Dans l'aviation cette force est toujours exercée vers le haut. Dans l'eau, par contre, soulèvement est synonyme de propulsion. L'hélice d'un bateau par exemple fournit l'énergie nécessaire pour faire avancer l'embarcation. Par analogie, le mouvement de «rame» (oblique) de la main du nageur permet de le propulser en avant. Un autre type de force créé par l'aile ou par le mouvement de la main dans l'eau est la force de résistance (fig. 3). Dans le cas d'une aile ou du corps d'un nageur, ce type de force a un effet ralentissant (frein). Mais si l'on prend une pagaie de canoë ou la main du nageur, la force de résistance (traction) est positive. En tirant par exemple l'eau directement en arrière, on produit de la force de propulsion uniquement à l'aide des forces de résistance qui agissent sur la main.

Ces forces de propulsion et de résistance en natation peuvent être mesurées de la même façon qu'on détermine les caractéristiques de propulsion et de vol des bateaux et des avions. Au New Rochelle Aquatic Club, nous avons complété quelques recherches préliminaires dans l'application des principes hydrodynamiques dans la natation, et comme résultat nous avons obtenu des diagrammes vectoriels de

propulsion, et des courbes de force pour les nageurs de pointe. Notre but est de connaître les analyses biomécaniques et de les utiliser à l'entraînement pour les corrections du mouvement de nage. L'entraîneur peut être comparé à

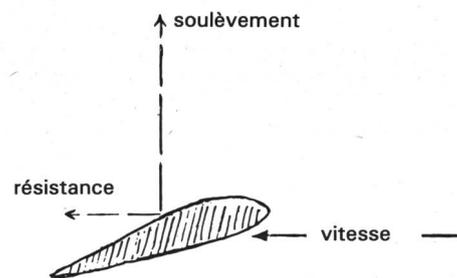


Fig. 3: Analogie avec l'aile

un architecte en train de dessiner le mouvement de nage de son élève. Les exemples suivants expliquent le rôle que peut jouer l'analyse biomécanique dans l'interprétation de la technique du mouvement de nage.

#### Analyse biomécanique - sujet 1

Les résultats de l'analyse biomécanique du sujet 1 permettent de déceler de nombreuses ressemblances entre les forces produites par des surfaces d'ailes et les mains du nageur (fig. 3). Les petites différences qu'on peut constater sont les suivantes: 1) l'angle idéal d'inclinaison est majeure ( $37^\circ$ ) et il est dû à la forme différente de la main du nageur par rapport à l'aile portante idéale; 2) la force de propulsion est dirigée «approximativement» vers l'avant par rapport au corps du nageur; 3) la force de résistance (traction) ne ralentit pas le mouvement du corps, mais a tendance à le «tirer» vers le haut. Il est clair que la main opposée compensera le mouvement latéral et l'effet sur le corps sera une propulsion en avant. L'effet combiné des forces de «soulèvement» et de résistance (traction) est représenté par la résultante (R) et correspond à l'effort exercé par le nageur. La force qui est à la base de la propulsion en avant est la résultante effective «Re». En brasse, du moment que les deux mains travaillent simultanément, la propulsion produite est «2Re». On verra par la suite que le diagramme de «Re» est la véritable base objective (et non subjective) pour tout le mouvement des bras et pour l'évaluation du mouvement de nage. Cherchons maintenant à expliquer la production de force dans la première phase (phase de pression ou traction vers l'extérieur) du mouvement des bras. Même si cette phase n'est pas aussi puissante que le «coup de rame» vers

l'intérieur, elle est tout de même importante et suit exactement les mêmes principes biomécaniques (hydrodynamiques). En observant la figure 5, on peut constater que la résultante est dirigée en prévalence vers l'avant et légèrement vers l'intérieur. Dans ces cas, aussi, la pression vers l'intérieur est compensée par l'action égale et opposée de l'autre main et la propulsion est dirigée vers l'avant. La résultante effective «Re», montre la grande force produite pendant l'élargissement (première phase du mouvement des bras). Mais pour atteindre ce degré élevé de force, une pointe de vitesse est nécessaire. Il

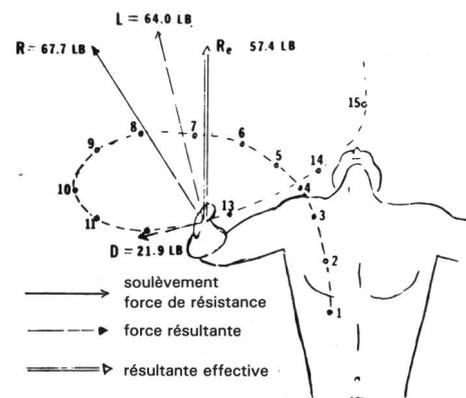


Fig. 4: Sujet 1 - Production de force

est intéressant de constater que ce point culminant de la vitesse de la main est atteint dans une phase où la trajectoire de la traction et l'angle de la main forment une résultante qui est dirigée en prévalence vers l'avant. En d'autres termes, les trois paramètres (angle formé par la

main, vitesse et trajectoire de traction) combinés en ce point, servent à montrer le rendement du sujet.

### Principes du mouvement des bras

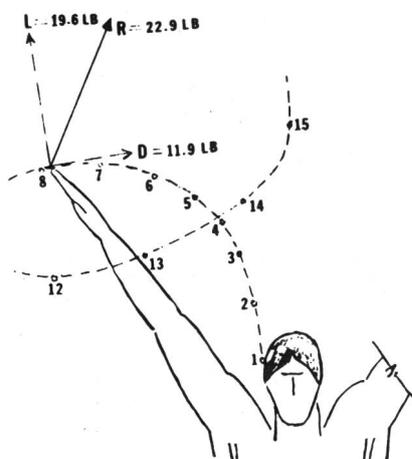


Fig. 5: Sujet 1 - Phase de poussée

Nous disposons d'une bonne description du mouvement des bras de Mc Kenzie. Mais combien de nageurs ont un style qui diffère de celui de Mc Kenzie? Dans quelle mesure pouvons-nous élargir notre modèle du mouvement aux variations individuelles (hydrodynamiques)? Une réponse absolue à ces questions dépend de différents cas individuels; cependant les 2 cas qui vont suivre, peuvent nous aider à définir certains principes directeurs - absolus - pour le mouvement des bras en brasse.

### Analyse biomécanique - sujet «2»

Ce sujet montrait un mouvement de bras long et apparemment puissant au début de la saison. Du fait qu'il était un nageur de brasse avec beaucoup de talent, il oubliait parfois que ses coudes étaient trop près du corps à chaque mouvement.

Les résultats d'une analyse biomécanique (hydrodynamique) présentés par la figure 6 m'ont fait rapidement changé d'opinion. La grande extension de son mouvement des bras provoquait une mauvaise orientation de la trajectoire de la traction vers l'intérieur (point 12 à 15) pendant le «coup de rame». Par conséquent, la force qui en résulte était trop inclinée vers l'extérieur et une petite partie seulement de son effort était utilisée pour la propulsion en avant (rendement plus faible, figure 6). Si, par exem-

ple, l'effort exercé est de 26.1 livres, 16.0 livres seulement sont exploitées; le reste sert à «écarter le corps» à travers l'action antagoniste des deux bras. Comme remède, on a tenté de modifier le mouvement des bras en le raccourcissant et en le rendant semblable à celui de Mc Kenzie. On a cherché surtout de ne pas dépasser les épaules avec les mains et de tenir les coudes loin du corps. L'analyse biomécanique a montré une augmentation du rendement (voir figure 6). On peut remarquer que pour une position similaire du bras (mouvement court), l'orientation de la force résultante s'est déplacée vers l'avant provoquant par là un effet plus intense (33.1 bis).

Le point culminant de la vitesse de la main près du point 13 a également contribué à l'augmentation de la propulsion. Une analyse de l'aug-

mentation durant la performance de ce sujet est fournie par la courbe résultante effective (figure 6). On note que la résultante moyenne créée pendant «le coup de rame» vers l'intérieur a augmenté de 8.2 livres (mouvement long) à 12.5 avec le mouvement court. De telles données confirment la recommandation de Counsilman de ne jamais rapprocher le coude du corps. Dans tous les cas où les trajectoires sont semblables à la figure 6, il semble impossible d'atteindre une traction efficace par un mouvement long.

### Analyse biomécanique - sujet 3

Ce sujet appliquait un mouvement de bras étroit mais apparemment efficace au début de l'analyse. Sa traction était circulaire et ses mains tiraient «à peine» au-delà de la largeur des coudes à la fin de l'élargissement (première partie de la traction), comme le montre la figure 7. Les résultats de l'analyse biomécanique ont montré une bonne orientation de la trajectoire de la traction et de l'angle de la main, avec les forces résultantes produites approximativement dans la bonne direction (figure 7). Le point culminant de la vitesse de la main était pourtant bas (10.3 pieds/sec. contre 17.7 et 14.6 pour les sujets 1 et 2). Cette information fut une surprise pour ce nageur qui était robuste et bien entraîné. On a supposé que la faute dans la vitesse de la main devait être en relation avec le mouvement étroit des bras. Comme remède on a conseillé un mouvement large, afin que la main ait le temps d'accélérer pour obtenir des valeurs plus élevées pendant le «coup de rame» vers l'intérieur. Les résultats de l'analyse biomécanique montrent une augmentation significative de la vitesse de la main 13.1 pieds/sec. et une augmentation correspondante de la force de propulsion dans le cas du mouvement large (figure 7). Il est intéressant de constater que, même si le mouvement large est plus puissant chez le sujet en question, il n'est pas nécessairement le plus efficace (rendement plus faible). La figure 7 montre que pour obtenir une augmentation de 8.3 livres de force propulsive effective, il faut un effort additionnel de 16.7 lbs (force R). En d'autres termes, ce nageur doit payer le prix pour augmenter la vitesse. Cependant, l'investissement a été bon pour le nageur, puisqu'il a amélioré de 5 sec. son temps sur 100 yards pendant la saison.

Le graphique de la figure 7 montre bien l'augmentation de la prestation obtenue: les 4.7 lbs, gagnées de la force moyenne propulsive avec le «coup de rame» vers l'intérieur, sont dues au fait que R augmente en proportion (ex.: une augmentation de 41 pour cent de «V» signifie

une augmentation de 100 pour cent de «R»). Il en résulte que le nageur doit s'efforcer d'aboutir à la vitesse maximum de la main en veillant que l'angle formé par la main et la trajectoire des bras restent bons. Dans le cas de la brasse, pour satisfaire ces exigences, il faut choisir un mouvement large. On peut enfin déduire de ce qui précède que la recommandation de Counsilman que les mains doivent tirer au-delà la largeur des coudes est bien fondée.

### Conclusions

De l'analyse biomécanique de la brasse on peut tirer les conclusions suivantes:

1. La traction est un mouvement «de rame». La force de propulsion est obtenue par les mouvements *latéraux* (obliques) des mains, la quantité d'eau poussée vers l'arrière étant pratiquement nulle.
2. La force de propulsion est conditionnée par l'angle formé par la main. Cet énergie est produite selon le même principe que celui de l'aile d'un avion et de l'hélice d'un bateau.
3. Dans l'accélération du mouvement de la main on a 2 pointes de vitesse, d'abord vers l'extérieur et puis rapidement vers l'intérieur.
4. Un mouvement des bras long avec les coudes tirés vers le corps semble se baser sur une application insuffisante des principes biomécaniques.

5. Un mouvement des bras étroit, avec les mains qui poussent en largeur «pas au-delà de la largeur des coudes», semble fournir une vitesse latérale des mains insuffisante qui entrave la production d'une force de propulsion suffisamment grande.

Ces conclusions devraient fournir à l'entraîneur des connaissances générales avec lesquelles il peut découvrir la technique correcte du mouvement des bras.

### Bibliographie

- 1 Counsilman, James E. Lecture notes from clinic at Paramus, New Jersey, September 1974.
- 2 Counsilman, James E. «The Application of Bernoulli's Principle to Human Propulsion in Water», First International Symposium of Biomechanics in Swimming, Diving and Water Polo Proceedings, C.D. Lewillie & S.P. Clarys, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de L'effort, 1971.
- 3 Counsilman, James E. The Science of Swimming film, Counsilman Co., Inc., 1972.
- 4 Counsilman, James E. The Science of Swimming Prentice-Hall Inc., 1968.
- 5 Schleihauf, Robert E. «A. Biomechanical Analysis of Free-style», SWIMMING TECHNIQUE, Fall 1974.
- 6 The International Swimmer 1968. Speedo Knitting Mills Inc.
- 7 Breaststroke Swimming Films. Sunkist Corp.

Sujet 2 - Meilleur temps sur 100 yds: 1:08.0

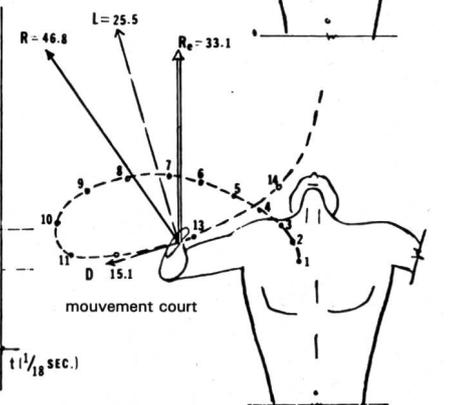
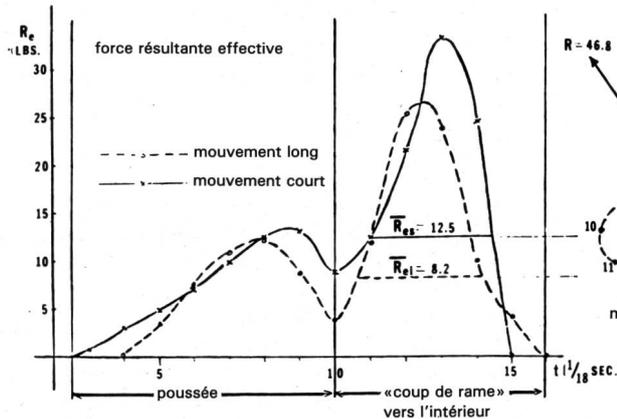
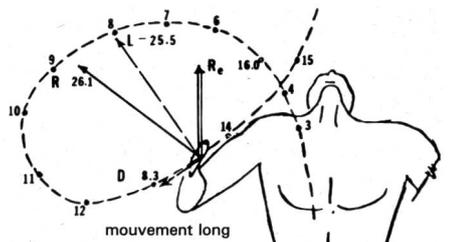
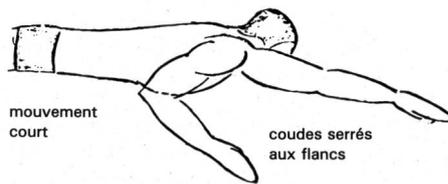


Fig. 6: Sujet 2 - Comparaison

Sujet 4 - Meilleur temps sur 100 yds: 1:10.1

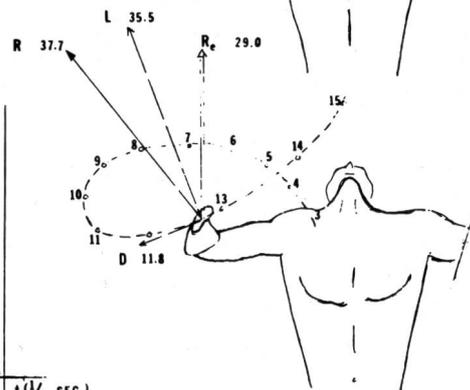
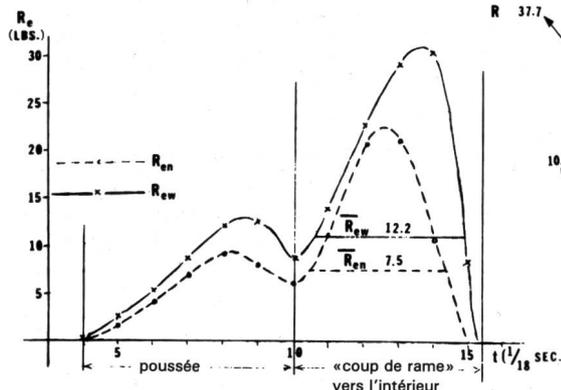
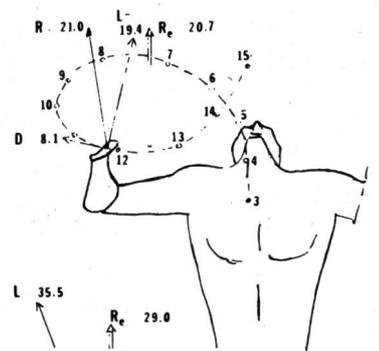
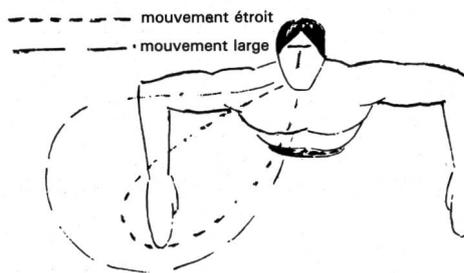


Fig. 7: Sujet 3 - Comparaison