

**Mémoire de Maitrise
Es - Sciences et Techniques
de l'Activité Physique
et du Sport**

Etude de l'Incidence des Variables
De La Flottabilité sur les Performances
Des Nageurs Senegalais

**Présenté soutenu Par
Ibrahima Sarr**



Année Universitaire
1993 - 1994

Directeur de Mèmoire
Abdou Karim THIOUNE
et Jean FAYE Professeurs
à l'INSEPS

DEDICACES

A mes très chers parents qui m'ont soutenu durant tout mon cursus; et sans qui ma vie serait sans importance.

A mes chers frères MAMADOU HAMEDINE SARR et IBRAHIMA AHMADOU BA

A mes amis CHERIF KABO et ADAMA DEME

A toutes les connaissances.

MES REMERCIEMENTS

AU Tout Puissant et à Son Messager (PSL)

A mes professeurs ABDOU KARIM THIOUNE, MOUSSA GUEYE, FALLOU CISSE, JEAN FAYE qui n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de ce travail .

A mademoiselle KHADY DJIGAL

A tous ceux qui de près ou de loin m'ont tendu la perche magique pour éviter ma coulée.

PLAN D'ETUDE

INTRODUCTION	3
CHAPITRE I: QUELQUES NOTIONS RELATIVES A LA FLOTTABILITE	
I.1. LA FLOTTABILITE	7
I.1.1 METHODE DE DETECTION DE LA FLOTTABILITE	9
I.1.2 FLOTTABILITE VERTICALE	9
I.1.3 FLOTTABILITE HORIZONTALE	11
I.2. IDENTIFICATION ET DEFINITION OPERATIONNELLE DES VARIABLES DE LA FLOTTABILITE	11
I.2.1. LE POURCENTAGE DE GRAISSE	11
I.2.2. LA CAPACITE VITALE	14
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE	
II.1. LES SUJETS	19
II.2. LES MESURES	20
II.2.1 LES MESURES SPIROMETRIQUES	20
II.2.2 LES MESURES BIOMETRIQUES	21
II.2.2.1 LES PLIS CUTANES	21
II.2.2.2 LA TAILLE	21
II.2.2.3 LE POIDS	23
II.3 EVALUATION DES PERFORMANCES	23
CHAPITRE III: PRESENTATION DES DONNEES, DES RESULTATS, ANALYSE ET DISCUSSION	
III.1 PRESENTATION DES DONNEES ET DES RESULTATS	25
III.2 ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS	26

CONCLUSION

34

BIBLIOGRAPHIE

37

INTRODUCTION

Les progrès scientifiques et techniques mis au point dès le **XIX^e** siècle ont constitué un déclic pour des recherches de tout genre. Actuellement, il n'y a pas de domaines vitaux qui échappent à la curiosité scientifique de l'homme. Toutes les recherches font l'objet de perpétuelles contestations et améliorations. Certes c'est ce que défend bien **GASTON BACHELARD**, la vérité scientifique c'est un vrai sur un fond d'erreurs. Il faut donc se rendre à l'évidence que malgré les découvertes réalisées par l'homme surtout pendant cette deuxième moitié du **XX^e** siècle, beaucoup de choses restent encore à être explorées.

Leur application dans le domaine sportif en général et en natation en particulier profite aux nombreux athlètes qui s'adonnent à l'activité. L'originalité de la recherche en natation est qu'elle doit tenir compte des caractéristiques intrinsèques et extrinsèques liées à la fois au milieu et à l'individu. La densité de l'eau est huit cent quatre vingt (880) fois plus élevés que celle de l'air. Ainsi les contraintes imposées par l'air sont moindres par rapport à celles de l'eau.

L'énergie développée par le nageur pour surmonter la résistance créée par celle-ci est importante. En plus le nageur est tenu de s'adapter à ce nouveau milieu à cause du problème posé par la respiration: les deux pôles de celle-ci étant inversés, ce qui pousse les spécialistes à considérer l'eau comme étant un milieu spécifique.

Dans ce milieu l'activité avait une fonction éducative. Mais depuis un certain temps, la recherche d'une bonne performance devient un facteur essentiel pour l'entraîneur et le nageur.

Cette recherche de performance, qui est l'objet d'un long travail, amène les spécialistes de la natation à améliorer les conditions d'entraînement et de compétition. De nouvelles infrastructures sportives ont été inventées et de nouvelles méthodes d'entraînement adoptées.

Un régime alimentaire spécifique a été mis sur pied pour le sportif de haut niveau. Ainsi de 1908, date à laquelle la codification de la discipline a été amorcée, à nos jours de nombreux records du monde ont été battus en toute spécialité.

Les recherches nous permettent de classer les nageurs en fonction des paramètres morphotypologiques en brasseurs, crawlleurs, papillonneurs et dossistes dans le cadre d'une politique de détection, de sélection et d'orientation des nageurs.

Cependant la performance met en jeu un grand nombre de variables indissociables, qui interfèrent et qui se conjuguent. Ainsi les facteurs psychologiques, morphologiques et biologiques pour ne citer que ceux-là convergent vers un même point.

Parmi ces facteurs émerge la flottabilité qui se définit comme "L'état d'équilibre résultant de l'application des forces de pesanteur au centre de gravité et de la poussée **D'ARCHIMEDE**".(8)

La position des nageurs de dos lors des compétitions nous permet de voir une différence entre ces derniers à trois niveaux:

- Ceux qui nagent le dos complètement immergé.
- Ceux qui nagent le corps à moitié immergé.
- Ceux qui nagent le corps carrément hors de l'eau.

Et de manière purement empirique, les pêcheurs ont toujours privilégié la qualité du bois devant servir à construire des pirogues pour des compétitions de régates. Pour eux, plus le bois est léger plus il flotte et plus sa glisse est importante. Cette analyse peut être transférée au niveau des nageurs. Ainsi se justifie la prise en compte des notions de masse, de pourcentage de graisse, de configuration du corps du nageur et toute chose interférant pour magnifier la flottabilité.

Les études de CAZORLA et COLL (1984) rapportées par CAZORLA, MONPETIT et CHATARD (4) montrent que la meilleure flottabilité des filles serait due à leurs valeurs moyennes de pourcentage de graisse significativement plus élevées que celles des garçons.

En plus chez les garçons comme chez les filles, les valeurs de masse maigre les plus importantes ont été relevées chez les sprinters de style libre de cinquante (50) et de cent (100) mètres. Ce qui leur permet de penser que la flottabilité a plus d'importance pour obtenir de meilleurs résultats sur les longues distances.

En outre une analyse minutieuse des performances hommes-femmes sur les différentes distances de nage montre que les écarts qui séparent les deux sexes tendent à se rétrécir sur les longues distances en faveur des femmes.

Ces études ont été faites sur deux (2) groupes de nageurs de distances différentes. Pour mieux appréhender l'importance du pourcentage de graisse sur les performances, ils devaient considérer un seul groupe. En plus leur travail porte sur une étude comparée homme-femme. Le pourcentage de graisse est une variable de la flottabilité parmi tant d'autres. Donc elle ne peut pas se réduire à elle seule à la flottabilité.

La flottabilité devait être appréhendée dans un sens global en y associant des variables pertinentes comme la capacité vitale. Aussi au lieu de s'intéresser à une étude comparée homme-femme, l'étude doit être générale et les différentes distances de nage ainsi que la capacité vitale du nageur doivent être prises en compte.

Dés lors, l'incidence que pourrait avoir certaines variables de la flottabilité (pourcentage de graisse et capacité vitale) sur la performance suscite notre curiosité.

Soulignons au passage que CAZORLA et COLL ne donnent pas de chiffres attestants le degré d'importance du pourcentage de graisse sur la performance. Leurs recherches se limitent tout simplement à mesurer le pourcentage de graisse des différents sujets en fonction de leur discipline. Ainsi ces études ne nous permettent pas de conclure.

Pour mieux cerner l'étude, l'hypothèse suivante nous servira de fil conducteur:

La capacité vitale et le pourcentage de graisse ont une incidence capitale sur la performance. Cette incidence est fonction des distances de nage. Autrement dit plus la distance est longue plus l'incidence est significative.

Pour atteindre notre objectif, nous adoptons un plan en trois (3) chapitres.

D'abord au premier chapitre nous procéderons à une revue de littérature relative à la flottabilité et à ses différents facteurs tant biomécaniques que biométriques.

Ensuite le second chapitre sera consacré à la description du matériel et à la méthode utilisés.

Enfin, avant de livrer nos conclusions nous présenterons au chapitre trois (3) nos données et résultats suivis de leurs analyses et de leurs commentaires.

CHAPITRE I

QUELQUES NOTIONS RELATIVES A LA FLOTTABILITE

I.1: LA FLOTTABILITE

Tout corps ayant une densité inférieure ou égale à celle de l'eau, a tendance à se maintenir à la surface de celle-ci, on dit qu'il flotte. Ceci se traduit par le rapport poids/volume qui indique le niveau de flottabilité.

La densité du corps humain varie en fonction du milieu, des facteurs ostéo-articulaires et respiratoires, de la musculature, de la répartition du poids et de la quantité des tissus adipeux.
(12)

Les travaux de **CLAUSER et AL.(1969)** (7) rapportent que la plupart des tissus du corps humain ont une densité supérieure à un (1); celle des muscles vaut **1,087**; elle est de **1,8** pour les os compacts; **1,105** pour les autres types d'os. Tous ces éléments entrent en jeu pour déterminer la flottabilité du nageur et sa position de flottaison. Un corps peut ainsi avoir une flottabilité positive ou négative. Elle est négative si le corps coule au fond de l'eau. L'âge et le sexe de l'individu sont des facteurs qui font varier la flottabilité. Les enfants flotteraient mieux que les adultes car ils ont un cartilage moins dense que les os, leur tissu adipeux est plus important et il atteint son maximum à l'adolescence.

Selon **KNAPP, B. (1975)** (19), le moment le plus favorable pour l'apprentissage de la natation se situe entre dix (10) et quatorze (14) ans période pendant laquelle le corps contient sa plus grande proportion de graisse. La flottabilité des personnes du troisième (3) âge est surtout due aux os qui sont poreux. La race serait aussi un facteur explicatif de flottabilité.

GHESQUIERE et KARVONEN (1971) (8) rapportent que la race caucasienne flotterait mieux que la race noire. Grâce aux téguments de peau moins épais, aux poumons et à un volume résiduel plus petits, et à un pourcentage d'os compacts élevé chez les noirs.

Chez l'homme, l'hétérogénéité du corps fait varier les points d'application de la force de réaction et du poids. Ces deux points ne sont pas confondus.

Les études de **VIVENSANG (1978)** (11) montrent que le centre de gravité où s'applique le poids au niveau de la cinquième (5) vertèbre lombaire; et le centre de poussée où s'applique la force de réaction au niveau de la première (1) vertèbre lombaire ne sont pas confondus. Quand le sujet est à l'horizontal, ces deux (2) points d'application se rapprochent. La flottabilité peut-être améliorée en adoptant une position allongée et en augmentant le volume thoracique par extension des bras de la partie haute de la colonne vertébrale. L'éloignement d'un membre, comme les jambes, peut entraîner des variations d'équilibre.

La locomotion aquatique revêt l'interdépendance de deux forces antagonistes: La résistance et la propulsion auxquelles peuvent se réduire toutes études biomécaniques de la performance du nageur.

Selon J.G. HAY (1988), (15) l'étude des mouvements du corps humain dans l'eau qui est le principal facteur de la performance en natation, présente un obstacle lié à la mécanique des fluides. Pour l'auteur la biomécanique s'intéresse aux forces internes et externes agissant sur le corps humain et les effets produits par celles-ci.

Le nageur, pour se déplacer aura à vaincre les résistances dues à sa masse, à son poids, à la densité et à d'autres caractéristiques de l'eau par une propulsion efficace. La résistance est l'ensemble des forces qui agissent sur le nageur et qui s'opposent à sa translation. La propulsion, quant à elle est la force de sens opposé développée par le nageur, supérieure ou égale à la résistance. Elle résulte d'une action coordonnée des surfaces propulsives de l'avant-bras-main et de jambe-pied sur le milieu. Cette résistance est appelée résistance hydrodynamique ou résistance de traînée.

Selon CAZORLA, MONTPETIT et CHATARD (1984), les travaux de MILLER (1975) et CAZORLA(1978), mettent en évidence trois types de traînées :

- Une première traînée liée à la vague frontale,
- Une deuxième liée à l'écoulement le long du corps
- Un troisième liée aux remous formés à l'arrière du nageur,

qui dépendent aussi des mouvements moléculaires dus à la translation du nageur. Pour une propulsion efficace, la recherche d'un meilleur profil hydrodynamique une bonne extension du corps, un bon placement de la tête, une bonne horizontabilité et l'absence d'oscillations latérales aussi bien au cours de la nage, qu'au départ et aux virages, en bref une bonne technique de nage doit être une préoccupation constante de l'entraîneur pour prétendre à une bonne performance du nageur.

La figure n°1 permet d'illustrer les interactions des différents facteurs déterminant l'équilibre aquatique.

1.1.1 METHODES DE DETECTION DE LA FLOTTABILITE

On peut détecter la flottabilité de deux façons: la flottabilité verticale et la flottabilité horizontale.

1.1.1.1 FLOTTABILITE VERTICALE: le nageur se tient droit dans l'eau, les pieds joints et en extension, les bras pendants collés au corps, mains contre les cuisses. De cette position, le sujet fait une inspiration forcée et bloquée ensuite. L'évaluateur repère le niveau de flottaison suivant les points suivants:

- tête immergée
- eau au niveau du front
- eau au niveau au niveau du nez
- eau au niveau du menton
- eau au niveau du cou ou plus bas.(20)

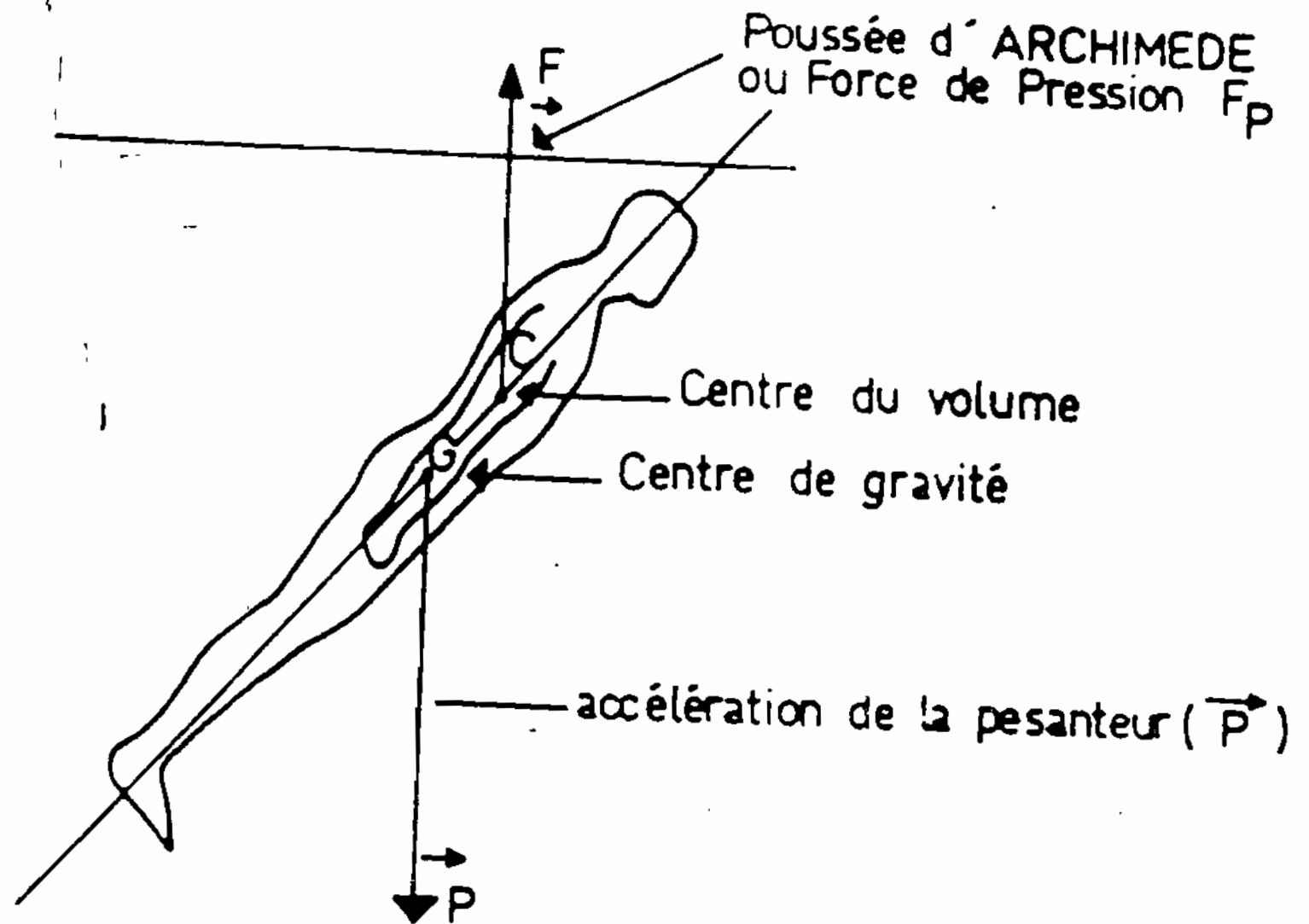


FIG 1 : FACTEURS DETERMINANT L'EQUILIBRE AQUATIQUE

I.1.1.2 FLOTTABILITE HORIZONTALE: l'eau est à la hauteur du cou. A partir de cette position, le sujet se met en planche sur le dos ou sur le ventre, bras tendus le long du corps, mains contre les cuisses.

Une aide place une main sous le dos et l'autre sous les cuisses.

Le nageur fait une expiration forcée, au signal, l'aide est supprimée et en même temps, l'évaluateur déclenche le chronomètre.

L'objectif est de mesurer le temps que les jambes font pour toucher le fond du bassin. Les jambes doivent être tendues et serrées tout au long du test. Le temps est pris au centième de seconde près. Celui qui a la meilleure flottabilité est celui qui fera le plus de temps pour que les pieds touchent le fond du bassin.

Tout au long du parcours, le nageur reste soumis aux principes de la biomécanique. La figure n°2 illustre les différentes forces qui agissent sur le nageur.

I.2 IDENTIFICATION ET DEFINITION OPERATIONNELLE DES VARIABLES DE LA FLOTTABILITE

I.2.1 LE POURCENTAGE DE GRAISSE:

Le dictionnaire de médecine définit la graisse comme étant " une substance constituée par des molécules de glycérides dont le glycérol est estérifié par un(1), deux(2) ou trois(3) acides organiques, à quatre(4) carbones au minimum " Le pourcentage de graisse est le produit de la masse de graisse par cent rapporté à la masse totale de l'individu. Dans le cas présent, il est obtenu par des tables dressées par les physiologistes. Il varie d'un individu à un autre et d'un sexe à un autre.

Il est légèrement plus élevé dans le corps de la femme (que celui de l'homme) qui possède de plus grandes réserves de lipides.

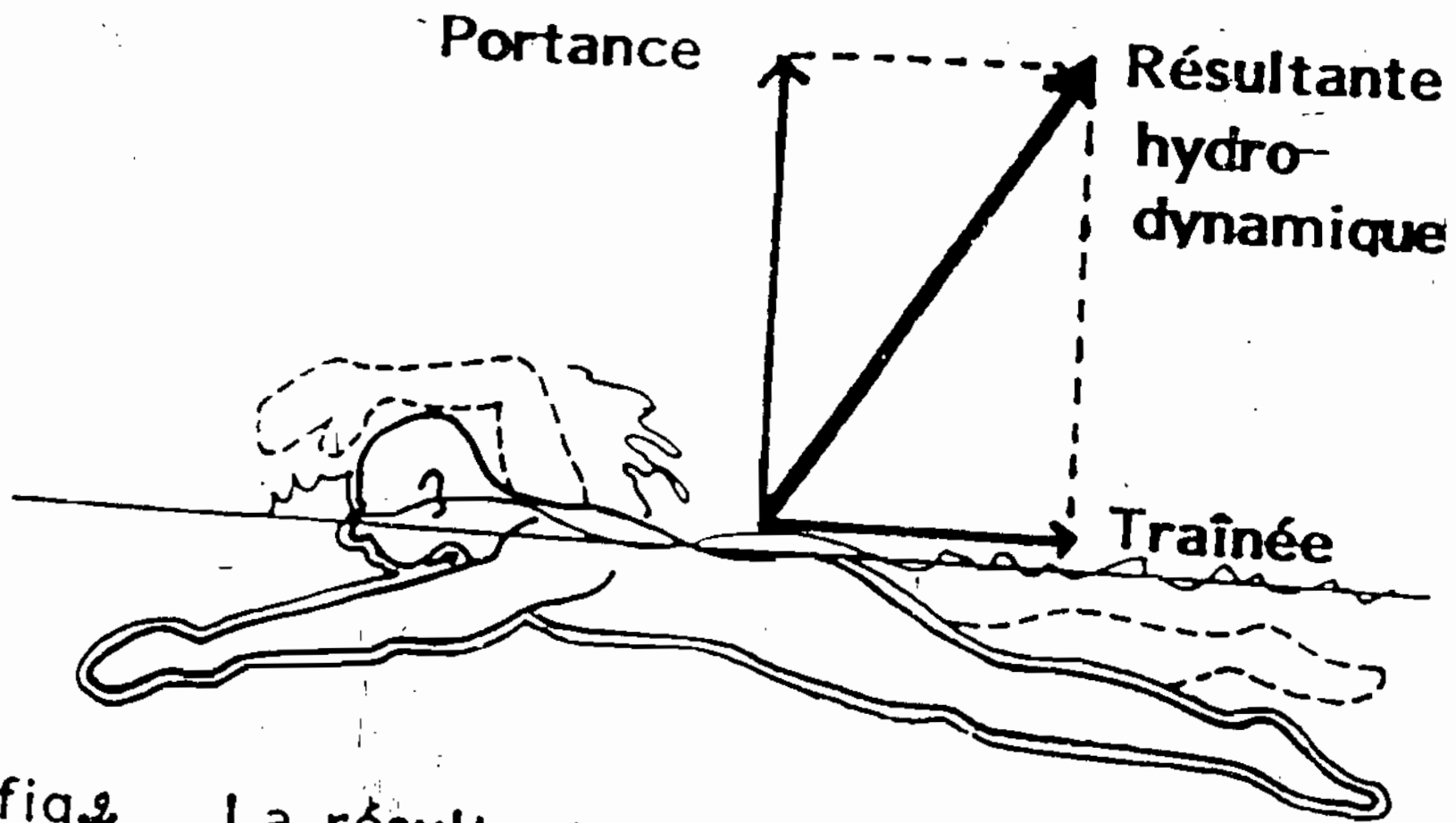


fig.2 La résultante hydrodynamique des forces de trainée et de portance

Les premiers se trouvent dans la moelle osseuse, le coeur, les poumons, le foie, la rate, les intestins, les muscles et les tissus riches en lipides du système nerveux central.

Ils sont essentiels au fonctionnement cellulaire. Chez la femme, les lipides constitutifs englobent aussi les lipides caractéristiques du sexe.

Les glandes mammaires et la région pelvienne étant les premiers sites des lipides caractéristiques du sexe. La masse des seins de la femme représente à elle seule, 4 % du contenu adipeux total qui varie entre 14% et 35%

Les lipides de réserve sont des dépôts graisseux qui s'accumulent sous forme de tissus adipeux.

Cette réserve comprend le tissu adipeux sous-cutané et les tissus adipeux qui protègent les organes vitaux contre les chocs. Selon **ARDLE, KATCH et WILLIAM (1985) (18)** la proportion des lipides de réserve est d'environ 12% chez l'homme et 15% chez la femme.

Les valeurs de graisse les plus élevées ont été relevées chez les nageurs de longues distances. Selon **CAZORLA et COLL (1984)** ces graisses contribuent le plus à fournir de l'énergie pendant un exercice modérément intense et/ou pendant un exercice prolongé de plusieurs minutes. Pour être utilisées, elles doivent être décomposées en glycérol et en acides gras libres. Ces derniers servent à régénérer l'énergie nécessaire à la contraction des muscles.

Ainsi les acides gras doivent être transportés jusqu'aux muscles par le sang. Leur métabolisme nécessite de l'oxygène et ils peuvent être utilisés seulement pendant un effort prolongé modérément intense de 40% à 60% de la puissance maximale aérobie. Les lipides sont aussi un carburant des efforts prolongés.

I.2.1.1 METHODES D'EVALUATION DU POURCENTAGE DE GRAISSE

- Poids rapporté à la taille: Les toutes premières rapportaient le poids à la taille en mètre, à la taille en mètre carré. PIRNAY les trouve erronées car c'est la taille au cube qui doit être constituée. Et tout en prenant compte de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur.

Cette méthode permettrait seulement d'avoir un aperçu sur le surplus du poids et sur celui de la graisse.

- Plis cutanés: cette méthode permet d'estimer le pourcentage de graisse de manière plus précise que la précédente. L'estimation se fait à partir des formules suivantes qui prennent en compte l'âge et le sexe de l'individu.

*** De 17 à 26 ans:**

Femmes: % = 0,55 triceps + 0,31 scapulaire + 6,13

Hommes: % = 0,43 triceps + 0,58 scapulaire + 1,67

*** De 13 à 16 ans:**

Filles: % = 1,102 - (0,058 * log pli scapulaire) parizkova

Garçons: % = 1,131 - (0,083 * log pli scapulaire) parizkova

*** De 9 à 12 ans:**

Filles: % = 1,079 - (0,043 * log pli scapulaire) parizkova

Garçons: % = 1,034 - (0,054 * log pli scapulaire) parizkova

- Evaluation par immersion: Deux types d'évaluation sont possibles:

*** L'immersion totale**: Entraîné une diminution du poids apparent à cause de la poussée d'ARCHIMEDE. le poids apparent varie avec le taux de graisse. Des études obtenues sur des densités extrêmes 1.1kg/l pour la partie non grasse et 0.9kg/l pour la partie purement grasse, permettent à SIRI (21) de proposer une formule du pourcentage de graisse:

$$(4.95/\text{densité du corps} - 4.50) * 100$$

- 15

Cette méthode nécessite la connaissance de la température, de la densité, du niveau de pureté de l'air, de la quantité de gaz résiduels et de la poussée d'ARCHIMEDE de l'air . Elle est difficile à maîtriser mais son avantage est qu'elle permet d'avoir des mesures précises.

Des études menées par DRINK WATER et COLL permettent d'améliorer cette méthode en tenant compte de quatre catégories de tissus, des calculs en immersion et des plis cutanés; ce qui permet d'avoir:

$$\begin{aligned} \text{masse osseuse} &= \text{taille} * \text{périmètre thoracique} / 240 \\ \text{masse de graisse} &= (4.95/\text{densité} - 450) * \text{poids} \\ \text{masse résiduelle} &= P - (\text{os} + \text{muscles} + \text{grasse}) = \\ &0.35t(d1 + d2 + d3 / 3 + d4 / 2 \end{aligned}$$

où d1, d2, d3 sont les diamètres du tronc et d4 le diamètre de la tête . Cette masse résiduelle correspond surtout à celle des viscères.

- Evaluation par tomодensitométrie: ELLE se fait soit par radiographie, soit par ultrasonographie. Dans les deux cas, c'est soit un rayon X, soit un son, qui est envoyé et qui traverse le corps en aller et retour dont la durée varie en fonction du point de réflexion. Le taux de rayons X absorbés permet d'établir une carte après analyse de la composition corporelle et de la disposition des tissus du corps.

Le calcul devient alors simple après l'obtention de la densité des tissus cartographiés. C'est une méthode très précise malheureusement les moyens utilisés ne sont pas à la portée de tout le monde.(14)

1.2.1.2 La capacité vitale pulmonaire:

Tout volume gazeux subit des variations en fonction de la température, du degré de saturation en vapeur d'eau et de la pression. les résultats obtenus lors des mesures spirométriques sont généralement des systèmes d'unités bien codifiés. Les deux couramment utilisés sont:

- **Le système standard des physiciens:** Standard température and pressure, dry (**S.T.P.D**) dont la température est de 0°C, la pression **760 mm Hg** et le mélange gazeux sec.

- **Le système body température, atmosphéric pressure saturated (B.T.P.S):** Dont la température est celle du corps, la pression **760 mm Hg**, le mélange gazeux saturé en vapeur d'eau à la température du corps. Des formules de conversion permettent de passer d'un système à un autre. La capacité vitale est le volume d'air expulsé des poumons au cours d'une expiration forcée faisant suite à une inspiration forcée. La valeur moyenne est de **4.5 litres**. Elle représente la somme du volume de réserve inspiratoire, du volume courant et du volume réserve expiratoire. Le volume courant (**V.C**) est le volume d'air mobilisé au repos à chaque inspiration ou expiration d'amplitude normale. Sa valeur moyenne est de **0.5 litre**.

Le volume réserve expiratoire est le volume d'air mobilisé par une expiration forcée faisant suite à une expiration normale. Sa valeur normale est de **1.5 litres**.

Ces données varient en fonction des milieux. Des études de **RODHAL** et de **ASTRAND** (2) montrent que l'immersion pouvait réduire la capacité vitale de **10%** et pouvait ramener le volume réserve expiratoire de **2.5 litres** à moins de **1 litre**. L'augmentation du volume courant étant dans ces conditions uniquement assurée par l'utilisation du volume réserve inspiratoire.

Les poumons doivent être vidés lors des pesées hydrostatiques, et le volume résiduel qui est le volume d'air contenu dans les poumons à la fin d'une expiration forcée dont la valeur est de **1.5 litres** change.

Ainsi la capacité vitale en système (**B.T.P.S**) doit être multiplié par **0.24** pour les hommes et **0.28** pour les femmes. Ce qui vaut respectivement à **1300 ML** et à **1000 ML**.

La figure n°3 permet de visualiser l'allure générale de la courbe lors des mesures des volumes pulmonaires. Elle montre les volumes et capacités suivants :

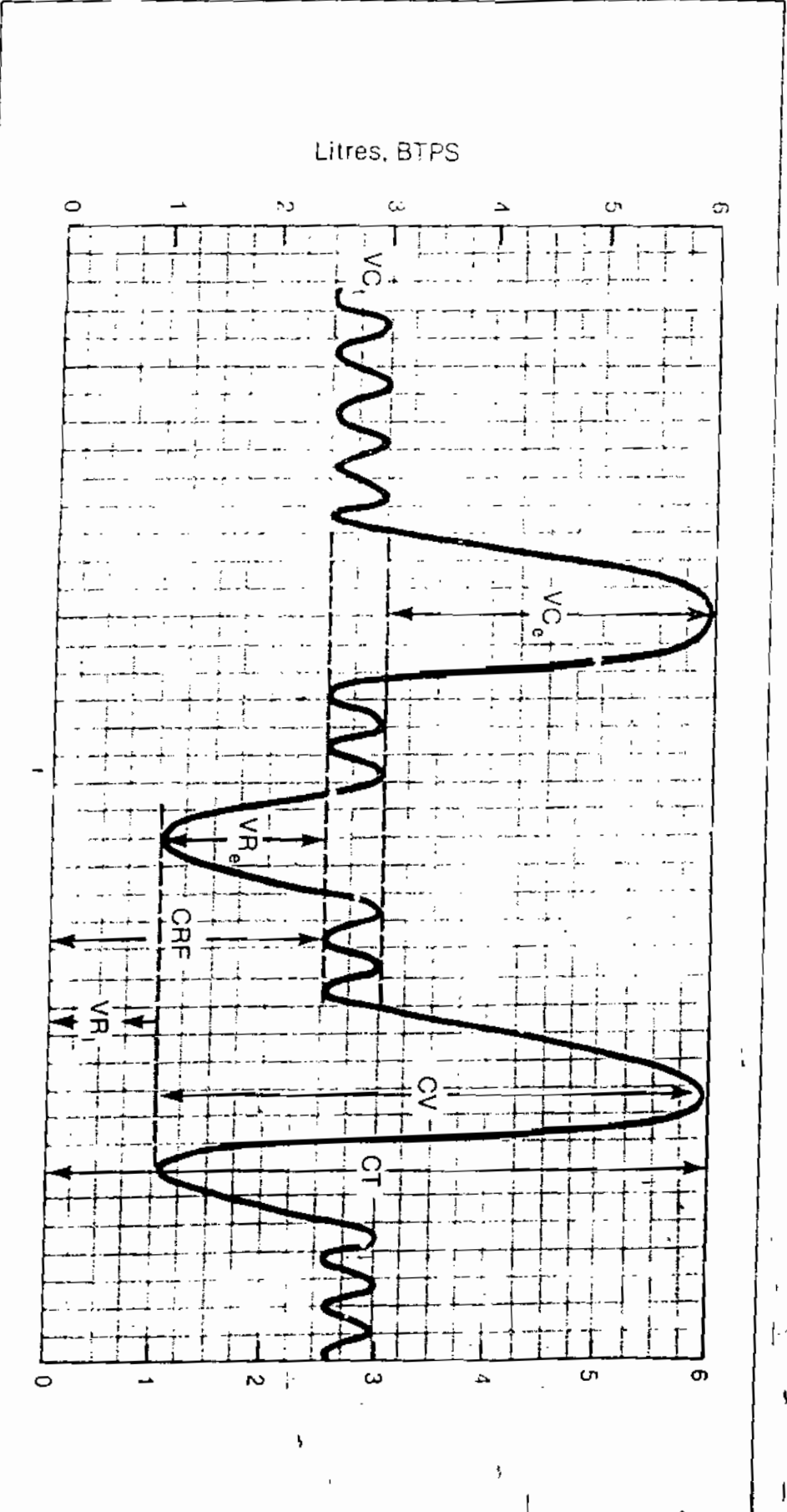


Figure 3 Mesure des volumes pulmonaires

- * Le volume courant : **VT**
- * Le volume complémentaire **CVE**: C'est le surplus d'air mobilisé à la suite d'une expiration normale, il indique la capacité respiratoire.
- * Le volume de réserve expiratoire: **VRE**
- * La capacité vitale: **CV**
- * La capacité totale **CT**: C'est la somme du volume résiduel et de la capacité vitale .
- * La capacité résiduelle fonctionnelle **CRF**: C'est le volume d'air qui reste dans les poumons après une expiration normale.
- * Le volume de réserve inspiratoire **VRI**:

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODE

II.1 LES SUJETS

Ce sont des nageurs des différents clubs de la ville de **DAKAR**. Ils sont répartis entre le cercle des nageurs de **DAKAR (CND)**, l'union sportive goréenne (**USG**), l'association sportive des forces armées (**ASFA**), les espoirs de **YOFF** l'olympique de **N'GOR**. Ils regroupent les nageurs des deux sexes âgés entre dix huit (**18**) et trente quatre (**34**) ans; faisant partie de l'élite sénégalaise. L'âge est connu par la présentation des cartes d'identité nationale et/ou scolaire ou toute référence d'identification.

Avant leur adhésion à ces différents clubs, la majorité d'entre eux fréquentaient la mer pour l'apprentissage de la nage. L'adhésion aux clubs leur permet de perfectionner leurs gestes techniques vu qu'ils sont régulièrement suivis par des entraîneurs. Les entraînements se font tous les jours entre dix sept (**17**) heures et vingt (**20**) heures sauf le samedi et le dimanche, période pendant lesquelles le repos est observé ou des compétitions sont programmées. Ces entraînements se font la plupart du temps en mer compte tenu du défaut d'infrastructures. Néanmoins certains d'entre eux comme ceux de **I'A.S.F.A** et du **C.N.D** bénéficient des piscines de **TERANGA** et de **SAVANA**. Les périodes phares de la natation sénégalaise sont des championnats régionaux et nationaux qui se tiennent chaque année en fin de saison.

Une fois que les consignes d'exécution leur ont été signifiées, les volontaires se sont présentés pour subir les tests sans aucune contrainte. La même piscine a été utilisée, Celle de **SAVANA** à cause de sa configuration raisonnable. Les températures sont comprises entre **24°C** et **26°C**.

Une mauvaise organisation au sein des clubs ne nous a pas permis d'avoir le nombre important de nageurs que nous avions prévus.

Une cinquantaine (**50**) s'était inscrite mais compte tenu de la mortalité expérimentale due surtout à des maladies, à des examens et d'autres indisponibilités dont on ne saurait expliquer les causes, vingt deux (**22**) ont pu remplir toutes les conditions. Cependant le nombre est suffisant pour mener l'étude.

II.2 LES MESURES

II.2.1 LES MESURES SPIROMETRIQUES

Elles ont été effectuées par un spiromètre de type FLOWMATE. Il a le même principe que les autres, cependant il possède certaines spécificités. Il est muni:

- D'un pneumotachographe qui est un capteur qui donne des informations reçues à l'ordinateur;
- D'un ordinateur qui mesure l'air insufflé à travers le pneumotachographe.

Il est prédestiné aux mesures de capacité vitale lente, de capacité vitale forcée, de volume ventilatoire maximum. Il donne des courbes volume/temps, des courbes débit/volume et des courbes de volumes ventilatoires maximum en (**12**) secondes.

Il a aussi la possibilité de faire un diagnostic dans des cas de pathologie restrictive et/ou obstructive sans pour autant en préciser.

Toutes les mesures ont été réalisées en position debout et un système d'étalonnage nous permet d'avoir des mesures fiables. Seule la capacité vitale lente a été mesurée car expiration prolongée dans l'air est identique à celle faite dans l'eau. Pour ce faire le sujet doit au préalable inspirer le maximum d'air, ensuite pincer le nez pour éviter l'échappement d'air et enfin expirer le plus profondément possible dans le spiromètre par l'intermédiaire d'un tube.

A la fin de l'expiration il doit inspirer tout l'air contenu dans l'appareil. Trois mesures ont été faites et la meilleure d'entre elles a été retenue.

L'appareil donne en plus de la valeur mesurée, la valeur théorique et le pourcentage du rapport valeur mesurée-valeur théorique.



Le laboratoire de physiologie de l'Université de Dakar permet d'avoir des valeurs théoriques ouest africaines correspondantes. La valeur théorique donnée par l'ordinateur est une norme européenne (confère annexe). Au préalable, la manipulation de certaines touches permet de rentrer certaines données nécessaires: taille, poids et sexe du sujet pour effectuer ces mesures.

Toutes les mesures ont été faites dans le système B.T.P.S dont la température est identique à celle du corps, la pression étant de **760 mmhg**, et le mélange gazeux saturé en vapeur d'eau à **37° C** .

II.2.2 LES MESURES BIOMETRIQUES

II.2.2.1 LES PLIS CUTANES: Ils ont été mesurés par un adipomètre en caoutchouc de type ensure **(2)** liquid nutrition gradué de **0 à 60 MM**. Les plis sollicités sont ceux du biceps, du triceps, du sus-iliaque et du sous-scapulaire, conformément à la table de **DURNIN et WOMERSLEY (1977)** (**13**) nous permettant de calculer le pourcentage de graisse d'une manière théorique en fonction de l'âge et du sexe. Les résultats obtenus étant ceux calculés au centième près et arrondis au décimal supérieur si le troisième chiffre venant après la virgule est supérieur à cinq. La partie droite du corps a été utilisée pour la mesure des plis. Les plis du triceps et du biceps ont été mesurés au milieu du bras, pendant parallèlement à l'axe vertical du bras. Pour le scapulaire, la mesure est faite au niveau de l'angle inférieur et la peau soulevée parallèlement à l'axe du corps. Quant au sus-iliaque, le pli cutané vertical mesuré est celui situé au dessus de la crête iliaque. ((**TABLE DURNIN et WOMERSLEY**)).

II.2.2.2 LA TAILLE: La toise d'une graduation maximale de deux mètres servait comme instrument de mesure. Elle est graduée au centimètre près. le sujet se tient debout, déchaussé, le regard droit, les pieds joints, la plante des pieds reposant carrément sur le support, et les bras

Sexe/Age		17 19	20 29	30 39	40 49	50 76	> 76
Hommes	a	27,409	27,775	28,581	32,113	31,094	32,362
	b	26,789	27,203	26,325	29,438	26,613	32,951
Femmes	a	30,509	33,539	30,874	27,112	31,674	33,868
	b	27,899	31,057	27,712	15,815	23,891	30,408

Table de Durnin et Womersley qui a servi à calculer le pourcentage de graisse de chaque sujet.

Durnin et Womersley (1977)

% graisse: "f" (log somme 4 plis) = a log somme 4 plis - b

a et b = constantes qui varie avec l'âge et le sexe

pendant le long du corps. Les mesures mentionnées sont celles qui ont été lues.

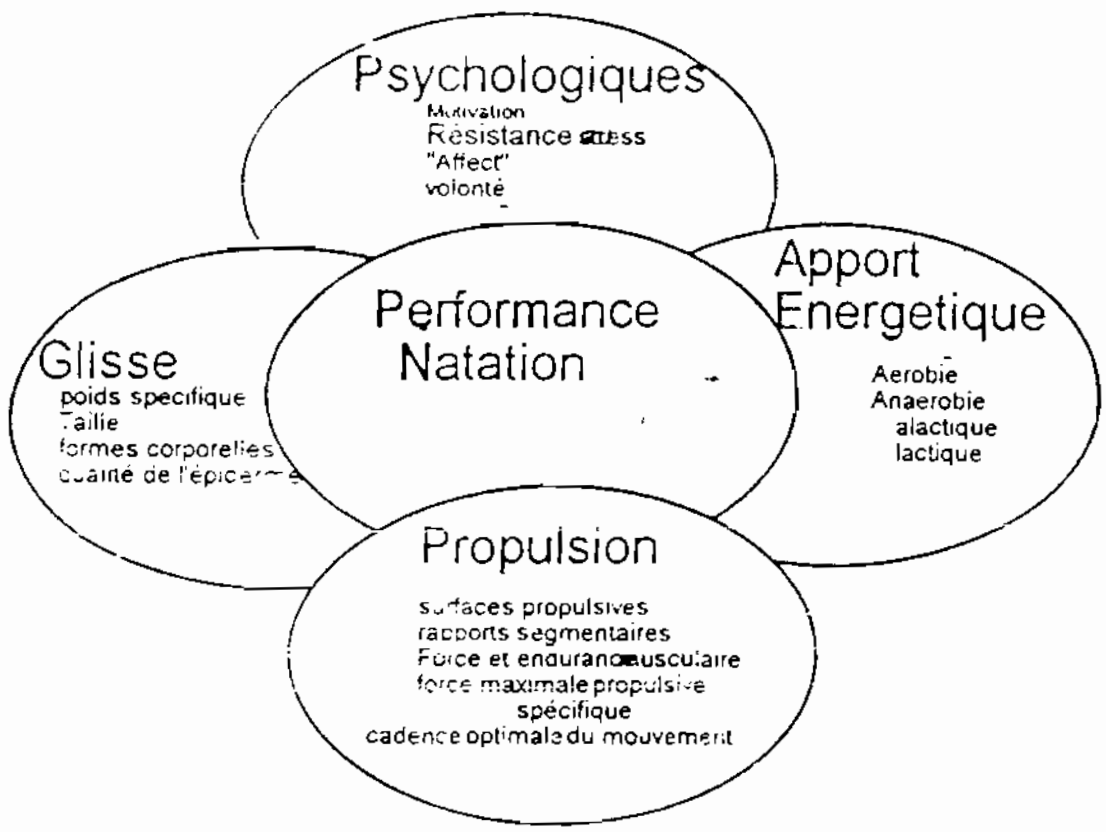
II.2.2.3 LE POIDS: Il a été obtenu au moyen d'un pèse-personne d'une portée maximale de **150 KG**. Le sujet s'y tient debout en maillot de bain léger, déchaussé et les bras pendant le long du corps, le regard à l'horizontal. La lecture se fait conformément aux indications de l'appareil après immobilité de l'aiguille indicatrice.

II.3 L'EVALUATION DES PERFORMANCES

La performance résulte de l'interaction et de l'interférence de plusieurs données qui convergent vers un point commun. Parmi ces données, figurent des facteurs psychologiques, morphologiques, biomécaniques et physiologiques.

Ceci permet de mettre en exergue la place centrale qu'occupe la performance dans l'étude. La figure ci-dessous permettra d'illustrer l'interaction des différents facteurs qui interviennent dans la réalisation d'une performance. Cette dernière a été évaluée sur des distances de **50 M, 200 M et 400 M** par des chronomètres électroniques.

Trois chronomètres ont été utilisés pour chaque nageur, ce qui permet de prendre le temps intermédiaire. Les chronomètres sont déclenchés au moment du départ (plongé) et bloqués quand le nageur touche le mur d'arrivée avec n'importe quelle partie de son corps. Le départ se fait comme celui donné pendant les compétitions c'est-à-dire après immobilité du nageur derrière le plot. Les couloirs de nage ont été respectés par tous les nageurs. Toutes les distances ont été nagées en crawl.



Interaction des différentes composantes qui entrent en jeu dans la performance en natation

CHAPITRE III

**PRESENTATION DES DONNEES ET DES
RESULTATS, ANALYSE ET DISCUSSION**

III.1 PRESENTATION DES DONNEES ET DES
RESULTATS

Récapitulation des différents résultats

Sujets	Age	Sexe	Poids (Kg)	Taille (cm)	Plis cutanés (mm)				% graisse	Capacité vitale			Performance		
	(ans)				Biceps	Triceps	S/scap	S/iliaq		V. théo.	V. mes.	V. Mes/V.théo.	50 m	200 m	400 m
1	21	M	69	182,5	4	5	8	6	10,62	3,97	5,16	130	32"24	2'48"38	5'57"29
2	27	M	62	182	3	6	7	6	10,08	4,5	4,68	104	30"16	2'33"76	5'38"11
3	21	M	60	174	4	8	8	10	13,82	3,5	4,11	117	33"43	2'51"10	6'11"63
4	22	F	51	154	7	19	18	10	27,05	2,05	2,81	137	39"37	3'18"22	8'13"41
5	18	M	43,5	164	4	8	8	5	11,53	2,98	3,21	107	38"78	3'12"99	7'21"24
6	22	M	66,5	185	4	7	10	9	13,82	4,01	4,78	119	30"85	2'40"27	5'41"03
7	19	M	65	185	4	8	7	12	14,09	4,01	5,14	128	34"80	2'53"16	6'24"72
8	26	M	70	188	6	10	12	10	16,67	4,8	4,93	103	30"98	2'41"03	5'38"27
9	26	M	75	183	4	6	9	12	14,22	4,55	5,37	118	32"14	2'48"41	5'59"15
10	21	M	60	172	4	10	12	6	14,6	3,27	4,49	137	33"16	2'50"86	6'21"54
11	19	M	52	170	5	8	10	9	14,47	3,24	3,44	106	33"09	2'50"89	6'18"93
12	22	M	64	184	3	7	8	10	12,99	3,99	4,43	111	32"29	2'46"54	5'59"96
13	27	M	61,5	180	3	6	8	10	12,55	4,4	4,78	109	32"46	2'49"16	6'17"31
14	25	M	63	174	4	7	8	7	12,1	4,12	4,24	103	33"58	2'57"19	6'33"18
15	22	M	76	191	5	8	11	11	15,68	4,51	5,21	115	32"49	2'50"07	5'56"87
16	20	M	66	180	4	6	10	11	14,22	3,78	4,29	113	31"24	2'41"73	5'43"11
17	29	M	83	185	6	10	9	16	17,59	4,6	5,35	116	27"28	2'20"17	4'50"03
18	34	M	77	190	3	6	8	10	14,58	4,77	6,71	141	30"98	2'36"01	5'43"57
19	27	M	67	170	5	10	8	7	13,82	3,92	4,82	123	34"52	2'57"63	6'31"98
20	18	M	69	173	4	9	8	7	12,88	3,49	4,4	126	31"15	2'40"74	5'38"18
21	27	M	62	183	5	9	10	4	12,99	4,54	4,67	103	32"28	2'53"07	5'58"13
22	28	M	69,5	175	4	8	7	9	12,99	4,12	4,96	120	31"27	2'39"38	5'40"69

TABLEAU II: Valeurs moyennes et caractéristiques de la dispersion des variables de la flottabilité et des performances

Variables	Moyenne	Ecart-type	Erreur type
Pourcentage de graisse	14.24	3.35	0.71
Capacité vitale	4.64	0.82	0.17
Performance 50m	32.66	2.61	0.56
Performance 200m	168.22	12.64	2.63
Performance 400m	367.20	40.76	8.69

TABLEAU III: coefficients de corrélation (r) unissant les variables de la flottabilité aux performances

performances variables	pourcentage de graisse	capacité vitale
50m	.332	- .656
200m	.118	- .272
400m	.434	- .684

Avec un nombre de degré de liberté (d.d.l) égal à 21, les valeurs critiques de r pour:

- Une probabilité $p = .05$ est égale à .433
- Une probabilité $p = .01$ est égale à .549

III.2 ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

ANALYSE

L'observation du tableau récapitulatif montre des sujets soumis à des mesures répétées de type associatif. Suivant l'objectif de l'étude, nous avons procédé à des calculs de coefficients de corrélations unissant les variables de la flottabilité aux performances. Ceux-ci ont été fait au moyen d'un micro-ordinateur personnel computer (PC 286). Les valeurs trouvées desdits coefficients de corrélation montrent:

- Une relation négative mais significative à la probabilité 01 entre la capacité vitale et les différentes performances aux (50) et (400) mètres.
- Des relations positives entre le pourcentage de graisse et les différentes performances. Parmi celles-ci, seule celle unissant le pourcentage de graisse aux 400 mètres est significative à $P = .05$
- Les relations unissant ces variables et les 200 mètres régressent par rapport à celles obtenues sur les 50 mètres.
- Pour la capacité vitale, les valeurs mesurées ont été mentionnées en même temps que les valeurs théoriques africaines. Leur rapport donne des valeurs en pourcentage supérieures à 100. Ce qui montre que les valeurs théoriques africaines sont nettement inférieures aux valeurs européennes correspondantes.

Le tableau III montre qu'une bonne partie des sujets ont des valeurs en dessous de la moyenne. Ceci peut-il avoir des effets sur les relations entre variables de la flottabilité et performances.

TABLEAU IV: Les distances de nage et les filières énergétiques correspondantes (CONSILMAN)

50m 100m	puissance anaérobie lactique	processus anaérobies
200m	capacité anaérobie lactique puissance aérobie	Mixte
400m	puissance aérobie	PROCES SUS
800m 1500m	capacité aérobie	AEROBIES

Temps	23"-26"	50"-1'10"	1'48"-2'15"	3'48"-4'02"	7'55"-8'30"	14'50"-16'00"
Distance (m)	50 m	100 m	200 m	400 m	800 m	1500 m
% Anaérobic alactique	60 70	20 30	10 15	5 10	5	5
% Anaérobic lactique	35 20	40 50	40 45	20 30	5 10	5
% Aérobie	5 10	40 20	50 40	75 60	90 85	95 90

Tableau V: Constitutions Métaboliques relatives au cours des différentes distances
Cazorla, Chatard et Montpetit à partir de la synthèse des travaux de
Wi aricky 1976, Arcelli 1977, Houston 1978).

DISCUSSION

La réalisation d'une performance est sous-tendue par l'interaction et l'interférence de plusieurs facteurs comme entre autres les facteurs psychologiques, morphologiques, biomécaniques et physiologiques. Les différentes distances de nage nous amènent à prendre en considération ces derniers facteurs qui ont une importance non négligeable. Ces distances de nage sont en relation permanente avec les différentes filières énergétiques. Ainsi les tableaux (4 et 5) permettent d'attester la contribution relative de chaque filière sur chaque distance de nage.

Pour plus de compréhension, explicitons certains termes. Anaérobies alactique et lactique signifient que les réactions biochimiques se font en l'absence d'oxygène et que l'acide lactique est produit seulement dans le deuxième cas. Ces réactions biochimiques nécessitent de l'oxygène pour la filière aérobie. La capacité est la quantité d'énergie requise pendant toute la durée de l'exercice; et que la puissance et le débit énergétique maximal libéré pendant l'unité de temps. Il convient donc d'avoir à l'esprit que les trois (3) filières métaboliques sont mises en jeu simultanément dès le début de l'exercice et que chacune des distances recrute au moins deux (2) sources d'énergie. La durée de chaque épreuve dépend de la distance à effectuer mais surtout du niveau de chaque nageur. Une toute petite comparaison de la course à la nage nous permet d'attester la spécificité de cette dernière. Le 50 mètre crawl se nage en moyenne en 30 secondes. Pour la course ces 30 secondes nécessitent une distance moyenne de 200 mètres. Toute discussion des résultats doit nécessairement trouver son cadre aux différents niveaux psychologiques, morphologiques, biomécaniques et physiologiques.

L'absence de signification du coefficient de corrélation entre le pourcentage de graisse et les 50 mètres peut trouver son explication au niveau énergétique.

Les 50 mètres étant un sprinter court, pour les effectuer (confère tableaux 4 et 5), le nageur sollicite essentiellement les processus anaérobies et plus particulièrement la puissance anaérobie lactique. La graisse ne constitue pas à ce niveau une source d'énergie. L'énergie requise provient essentiellement de la glycolyse. Par contre la relation entre la capacité vitale et les 50 mètres est négative mais significative. Pour réaliser une bonne performance, en dehors des autres facteurs précités qui la sous tendent, le nageur a besoin d'effectuer toute la distance en apnée ce qui pourrait éviter la perte des centièmes de secondes dus aux mouvements de la tête lors des prises de bords d'air. Pour cela, le nageur doit au préalable prendre le maximum d'air.

Le signe négatif pourrait s'expliquer à deux niveaux:

- Au niveau psychologique, le stress peut agir sur la capacité vitale en la diminuant.

- Au niveau biomécanique, le passage du milieu ambiant au milieu aquatique a des effets sur la capacité vitale. On sait que d'après des études d'ASTRAND et de RODHAL la capacité vitale diminue de 10/100 quand on passe du milieu ambiant au milieu aquatique.

Finalement au niveau du 50 mètres, le nageur, en plus d'une bonne capacité vitale, a besoin d'une force musculaire importante pour la réalisation d'une bonne performance.

Sur 200 mètres, les deux variables de flottabilité n'entretiennent aucune relation significative avec celle-ci. A ce niveau, les valeurs de coefficients de corrélation régressent. Ceci pourrait s'expliquer ainsi qu'il suit.

Les 200 mètres constituent un sprint long. Sur le plan énergétique, ce sont surtout la capacité anaérobie lactique et la puissance aérobie qui sont sollicitées. Les processus aérobie et anaérobie ont une contribution sensiblement égale. Par rapport aux 50 mètres, la contribution du pourcentage de graisse est nettement supérieure ici (cf tableau V) du fait de la quasi-prédominance de la filière aérobie.

La corrélation devait à cet effet être élevée par rapport à celle trouvée aux 50 mètres. mais c'est le contraire qui est observé. Ceci pourrait trouver deux explications possibles:

- La flottabilité, la morphologie, la force propulsive, la souplesse, la technique de nage, la motivation et le stress interagissent, mais modulent aussi l'utilisation des potentialités énergétiques.
- L'utilisation des substrats dépend aussi de la qualité des fibres musculaires mis en jeu, de l'intensité et de la durée de l'exercice.

Quant à la relation avec la capacité vitale, elle peut s'expliquer de la même façon que précédemment; sauf que cette régression pourrait s'expliquer par :

- * La durée et l'intensité de l'exercice d'une part, et
- * Les multiples prises de bols d'air au cours de la nage.

Les tableaux IV et V montrent que le 400 mètres sollicite essentiellement les processus aérobie et particulièrement la puissance aérobie. La graisse constitue quasiment la principale source d'énergie.

Ainsi le coefficient de corrélation entre pourcentage de graisse et les 400 mètres sont significatifs et qu'il est plus important que ceux trouvés précédemment. Ce qui prouve l'importance au niveau des longues distances.

Quant à la corrélation avec la capacité vitale elle est largement significative à la probabilité $P = .01$

Nous ne pouvons pas comparer la capacité vitale au pourcentage de graisse du fait de l'apport énergétique de ce dernier. Dans ce cadre la capacité vitale pourrait être qualifiée de facteur de stabilité respiratoire. Ce qui permet au nageur d'effectuer la distance sans gêne respiratoire. Le nageur est obligé de respirer toutes les dizaines de secondes non seulement pour un besoin biologique mais aussi pour se maintenir à la surface de l'eau; car les poumons vidés de leur contenu entraînent la coulée du nageur au fond de la piscine. Donc il est judicieux que la relation soit significative.

CONCLUSION

L'ensemble de l'étude indique que la recherche dans la pratique de haut niveau des activités sportives en général et de la natation en particulier nécessite des informations sur quelques connaissances de base. Ces dernières évoluent avec le temps et subissent de perpétuelles améliorations. Il n'est plus possible de faire des recherches en sciences et techniques des activités physiques et sportives en faisant fi de ce qui se passe sur le terrain ou se manifeste la performance sportive.

Il n'est de même plus possible de travailler dans des laboratoires spécialisés en ne tenant pas compte de la motricité humaine nécessaire mais suffisante pour la réalisation d'une bonne performance. Il ressort de ces constats que toute recherche doit comprendre à la fois des tests de terrain et de laboratoire. Notre étude, qui est à son terme, répond à ces modalités. Ceci nous a permis de dégager deux questions qui nous semblent importantes.

1 Les comportements des sujets au laboratoire sont-ils les mêmes qu'au niveau du terrain?

2 Ces sujets, obéissent-ils toujours aux mêmes lois physiologiques et du biomécaniques?

Quel que soit le milieu où s'effectue l'expérience, le sujet doit s'adapter aux nouvelles conditions qui lui sont imposées. Cette adaptation est fonction des caractéristiques du milieu environnant et du matériel expérimental. Le milieu aquatique expose le nageur à des contraintes qui ne lui sont pas habituelles; les deux problèmes majeurs posés étant la respiration et la locomotion aquatique.

Toute recherche de performance doit prendre en compte l'interaction de l'ensemble des facteurs qui la sous-tendent. Ainsi la flottabilité qui est de ses facteurs intéressent CAZORLA et coll. Ceux-la l'ont réduite au seul pourcentage de graisse. Et pourtant la flottabilité doit tenir compte de l'ensemble des autres variables telles que la capacité vitale, le sexe, l'âge et la race du sujet.

L'objet de l'étude étant d'identifier les relations qui pourraient exister entre certaines variables (le pourcentage de graisse et la capacité) et les performances obtenues sur 50, 200 et 400 mètres. La méthodologie suivie ne nous a permis de vérifier qu'une partie de l'hypothèse de travail. En effet cette hypothèse se trouve infirmé par une corrélation faible et non significative entre nos deux variables de la flottabilité et la performance sur 200 mètres. Pour le sprinter, outre d'un meilleur profil hydrodynamique la recherche de tous les appuis possibles revêt une grande importance.

Travaillant essentiellement dans la filière anaérobie lactique, il mobilise le maximum de force lui permettant de nager le plus vite possible. Une très bonne capacité vitale est nécessaire pour nager toute la distance en apnée. Pour le nageur de longue distance, l'économie énergétique de la nage est la condition de son succès. Un meilleur profil hydrodynamique en est la condition sine qua non.

Le battement des pieds, qui consomment une grande quantité d'énergie, se limite essentiellement à équilibrer la nage. Ainsi se justifie la signification de la relation entre performance sur 400 mètres et le pourcentage de graisse. L'essentiel de l'énergie utilisée provient des graisses qui constituent le carburant des longues distances.

La capacité vitale constitue à ce niveau un facteur de stabilité respiratoire. Il est gênant pour le nageur d'effectuer toute la distance en apnée. Nul ne peut aller à l'encontre des besoins biologiques.

Pour le nageur des moyennes distances, les problèmes rencontrés sont surtout d'ordre psychologique. Les 200 mètres, qui constituent un sprint long, font frémir beaucoup de nageurs. Cette distance exige un rythme et une intensité soutenus, et mobilise une puissance musculaire extraordinaire. L'étude nous amène ainsi à accorder une importance à la capacité vitale sur les courtes distances; alors qu'au niveau des longues distances, c'est une action combinée des deux (2) variables qui doit être prise en compte.

L'utilisation d'un matériel sophistiqué pourrait fort influencer les résultats. Ce matériel pouvant être composé :

- * D'une balance hydrostatique pour mesurer le poids du sujet à l'immersion;

- * D'un adipomètre servant à mesurer d'une manière précise les plis cutanés; et

- * D'une table de calcul présentant des formules permettant d'utiliser le maximum de plis cutanés possibles.

Le niveau des nageurs est aussi un facteur à prendre en compte pour aborder des recherches de ce genre. La moyenne des performances recueillies sur 50 mètres accuse un décalage d'au moins de 9 secondes de moyenne par rapport à celles recueillies sur la même distance au plan international. Leur niveau révèle surtout le manque de moyens matériels et humains, d'une mauvaise politique de détection, d'orientation et de sélection des nageurs. Ce qui va se répercuter sur la planification de l'entraînement entraînant une dysharmonie des performances.

De l'étude, il se dégage quelques axes de réflexion:

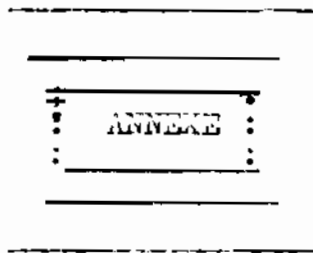
Les faibles relations entre les différentes variables et les performances sur 200 mètres pourraient nous obliger à suivre l'évolution de leurs relations de 15 à 200 mètres et de 200 à 400 mètres. Ceci nous aurait permis au moyen de graphiques de matérialiser cette évolution.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES:

- 1-ARDLE W. D. Mc, KATH, F; KATCH, F; KATCH, V;
Physiologie de l'activité physique: énergie, nutrition et
performance (PARIS, VIGOT) Août 1987 pages 131 - 135
- 2-ASTRAND; P. O; ET RODHAL, K; précis de physiologie de
l'exercice musculaire
- 3-BULGAKOVA, N. Z; Sélection et préparation des jeunes
nageurs (paris VIGOT) 1990
- 4-CAZORLA, G; MONPETTIT, R; CHÂTARD, J.C, 1984 aspects
biologiques de la natation de compétition . Culture technique,
13 pages 127-157.
- 5- CHATARD, J. C; influence des facteurs morphologiques et
de l'entraînement sur le rendement énergétique dans le
message de l'A.R.N canet in ROUSSILLON 1986
- 6- CHOLET, D; approche scientifique de la natation sportive,
(PARIS, VIGOT 1990
- 7- CLAUSER (C.E), MC CONVILLE (JT), YONG (J.W) 1969
weight, volume and center of masse of segments of the human
body.
AMRL-TR page 69-70. weight - patterson air force base, OHIO
- 8- COLLECTIFS D'AUTEURS : natation sportive, les
techniques volume II. dossiers techniques FAN 1992 pages 36-
46
- 9- COSTAL, DAVID; L, MAGLISCHO ERNEST W et
RICHARDSON, ALLEN. B SWIMMING 1992 pages 24-26
- 10- COUNSILMAN, J.E; la natation de compétition (PARIS
VIGOT)
1986 pages 122-135
- 11- COUNSILMAN, JAMES.E, Votre sport: la natation 1 les
techniques pages 9-19
- 12- CRAPLET, CAMILLE, CRAPLET PASCAL; physiologie et
activité sportive pages 235-239 (PARIS VIGOT) 1986
- 13- DURNIN et WOMERSLEY in: LUC LEGER et COLL:
Evaluation de l'aptitude physique anthropométrique
pourcentage de graisse. janvier 1989, note de cours pages 38-
39

- 14- FOX, E)OUARD et MATHEWS, DONALD K, bases physiologiques de l'activité physique Québec décarie 1984 page 339-351
- 15- HAY, J.G, 1988. The statu of research on the biomécanic of swimming. International services on sport sciences, volume 18, pages 3-14. In ungarechts B.E. WILKE. K, BICK REISCHLC K.(édition) swimming sciences V, human kinétri publ. Inc champaign, illnois.
- 16- JURINA, K.; JASAN; L. Influence de certaines dimensions du corps sur les conditions hydrodynamiques en natation. Théorie et praxis télés vichovy, 1, 4. 1974
- 17- KARPOVICH, PETER V sinning, WAYNE E , physiologie de l'activité musculaire (PARIS,VIGOT) 1975 pages 193-198
- 18- KATCH, FRANK. I, WILLIAM, D; ARDLE, MC; nutrition, masse corporelle et activité physique (PARIS,VIGOT) 1985
- 19- KNAPP, BARBARA; sport et motricité l'acquisition de l'habilité motrice (PARIS,VIGOT frère édition) 1975 pages 102-104
- 20- PALMER, MERVYN. L.; science de l'enseignement de la natation (PARIS,VIGOT); collection sport plus enseignement 1985, pages 69-98
- 21- SIRI, IN: DOUGALL, MC et COLL, évaluation physiologique de l'athlète de haut niveau (QUEBEC DECARIE, PARIS,VIGOT) 1988 pages 99-149



Récapitulation des différents résultats

Sujets	Age (ans)	Sexe	Poids (Kg)	Taille (cm)	Plis cutanés (mm)				% graisse	Capacité vitale			Performance		
					Biceps	Triceps	S/scap	S/iliaq		V. théo.	V. mes.	V. Mes/V.théo.	50 m	200 m	400 m
1	21	M	69	182,5	4	5	8	6	10,62	3,97	5,16	94	32"24	248"38	5'57"29
2	27	M	62	182	3	6	7	6	10,08	4,5	4,68	86	30"16	2'33"76	5'38"11
3	21	M	60	174	4	8	8	10	13,82	3,5	4,11	87	33"43	2'51"10	6'11"63
4	22	F	51	154	7	19	18	10	27,05	2,05	2,81	86	39"37	3'18"22	8'13"41
5	18	M	43,5	164	4	8	8	5	11,53	2,98	3,21	73	38"78	3'12"99	7'21"24
6	22	M	66,5	185	4	7	10	9	13,82	4,01	4,78	85	30"85	2'40"27	5'41"03
7	19	M	65	185	4	8	7	12	14,09	4,01	5,14	91	34"80	2'53"16	6'24"72
8	26	M	70	188	6	10	12	10	16,67	4,8	4,93	85	30"98	2'41"03	5'38"27
9	26	M	75	183	4	6	9	12	14,22	4,55	5,37	97	32"14	2'48"41	5'59"15
10	21	M	60	172	4	10	12	6	14,6	3,27	4,49	92	33"16	2'50"86	6'21"54
11	19	M	52	170	5	8	10	9	14,47	3,24	3,44	72	33"09	2'50"89	6'18"93
12	22	M	64	184	3	7	8	10	12,99	3,99	4,43	79	32"29	2'46"54	5'59"96
13	27	M	61,5	180	3	6	8	10	12,55	4,4	4,78	90	32"46	2'49"16	6'17"31
14	25	M	63	174	4	7	8	7	12,1	4,12	4,24	85	33"58	2'57"19	6'33"18
15	22	M	76	191	5	8	11	11	15,68	4,51	5,21	107	32"49	2'50"07	5'56"87
16	20	M	66	180	4	6	10	11	14,22	3,78	4,29	80	31"24	2'41"73	5'43"11
17	29	M	83	185	6	10	9	16	17,59	4,6	5,35	96	27"28	2'20"17	4'50"03
18	34	M	77	190	3	6	8	10	14,58	4,77	6,71	114	30"98	2'36"01	5'43"57
19	27	M	67	170	5	10	8	7	13,82	3,92	4,82	102	34"52	2'57"63	6'31"98
20	18	M	69	173	4	9	8	7	12,86	3,49	4,4	89	31"15	2'40"74	5'38"18
21	27	M	62	183	5	9	10	4	12,99	4,54	4,67	85	32"28	2'53"07	5'58"13
22	28	M	69,5	175	4	8	7	9	12,99	4,12	4,96	103	31"27	2'39"38	5'40"69

