

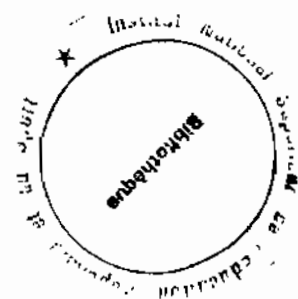
Mémoire de Maîtrise es Sciences et Techniques de l'activité Physique et du Sport

T H E M E

*ETUDE CORRELATIVE ENTRE V_{o2} MAX PREDIT A L'ISSU
D'UNE COURSE AEROBIE ET LA PERFORMANCE EN NATATION*

PRESENTÉ ET SOUTENU PAR:

MOUSTAPHA FALL



Année Universitaire

1991 — 1992

Directeur de Mémoire

SEYDOU SANO

Professeur à L'INSEPS

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

Je dédie ce travail

A mon père et ma mère pour l'affection et le soutien moral
qu'ils m'ont toujours témoigné .

A mes frères et soeurs pour leur soutien moral

A mon oncle Ibrahima Diouf et à sa famille

A tous mes amis et amies, pour l'amitié sincère qu'ils me
témoignent .

A tous les nageurs de l'ASFA et du CND et

A leurs entraîneurs qui ont contribué à la réussite de ce travail

A tous les étudiants de l'INSEPS, particulièrement ceux de la
4ème Année .

Aux professeurs Djibril Seck, Abdou K. Thioune, Ibrahima Sané
tous à l'INSEPS pour leur disponibilité.

A monsieur Grégoire Diatta

A l'ensemble du corps professoral de l'INSEPS

A mon directeur de mémoire M. Seydou Sano, que je remercie de
l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de diriger ce travail avec
patience et bienveillance.

A madame Sano et à ses enfants.

A mes amis Cheikh T. Ndour et Boubacar Diop

A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration
de ce travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I. Consommation maximale d'oxygène

- 1 - 1 Définition de la consommation maximale d'O₂
- 1 - 2 Facteurs influençant la consommation maximale d'O₂
(Vo₂max)
- 1 - 3 Différentes méthodes d'évaluation de la consommation
d'oxygène en natation.
- 1 - 4 La consommation maximale d'oxygène lors des épreuves
sportives de longue durée comme la natation.

CHAPITRE II. Méthodologie

- 2.1 Description des sujets
- 2.2 Description du test
- 2.3 Déroulement du test
 - 2.3.1 Détermination du Vo₂max
- 2.4 Traitement statistique

CHAPITRE III. Résultats et discussion

- Résumé et conclusion
- Bibliographie

INTRODUCTION

L'introduction du concept scientifique bioénergétique dans le domaine de l'entraînement a entraîné une amélioration dans la conception de l'entraînement au niveau des physiologistes et des entraîneurs. Les facteurs bioénergétiques qui sont déterminés par des processus métaboliques qui se déroulent au cours de l'exercice musculaire sont donc à la base de la performance sportive. Ces facteurs autrement appelés filières sont au nombre de trois, sont interdépendants et utilisés de manière préférentielle suivant l'intensité et la durée de l'exercice:

- la filière anaérobie alactique : elle fournit l'énergie lors des activités explosives comme la détente et la vitesse.

- la filière anaérobie lactique : elle fournit l'énergie lors des activités de résistance

- la filière aérobie oxydative : elle fournit l'énergie lors des activités d'endurance. Cette dernière filière est celle qui nous intéresse le plus dans notre étude car, la consommation maximale d'oxygène est plus que déterminante lors des épreuves de longue

durée comme la natation. Dans notre étude, nous voulons savoir la relation pouvant exister entre $\dot{V}O_2$ max de nageurs prédit à partir d'un test de course de type aérobie (Luc leger, évaluation de la valeur physique n°7) et leur performance sur une longue distance comme la traversée de NGOR. Même si la performance en natation sur une longue distance nécessite un bon $\dot{V}O_2$ max, ce dernier demeure fortement influence par d'autres facteurs tels que : le rendement mécanique du nageur, sa taille, son poids, sa surface corporelle etc... ceci a été à l'origine du principe de spécificité qui veut que tout nageur soit évalué dans son milieu naturel (évaluation physiologique des athlètes de haut niveau). Des tests (tests maximaux, voir mémoire de Seydou Sano) existent à ce sujet mais demeurent inaccessibles. Voilà comment on est amené à utiliser le test de Luc leger pour essayer de voir si une relation pourrait exister entre le $\dot{V}O_2$ max des nageurs estimés à l'issu de ce test et leur performance en natation.

CHAPITRE I Consommation maximale
d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max)
ou Puissance aérobie
maximale (PAM)

1-1 Definition: "La PAM ou $\dot{V}O_2$ max constitue la limite de l'organisme à utiliser l'oxygène pour oxyder les glucides et les lipides et ainsi produire de l'énergie requise à la contraction musculaire" (Mémoire, Seydou Sano)

Dans de nombreux activités physiques et disciplines sportives, la relation existant entre la performance dans les épreuves de longue durée et la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_{2max}$) est un fait établi. Un $\dot{V}O_2$ max élevé favorise non seulement la performance dans ces épreuves mais, en permettant des charges d'entraînement plus importantes peut indirectement favoriser aussi la qualité d'autres composantes de la performance. Plusieurs facteurs dont l'âge et le sexe influencent le $\dot{V}O_2$ Max

1-2 Facteurs influençant le $\dot{V}O_2$ max :

La $\dot{V}O_2$ max augmente avec l'âge dans les 2 sexes . Avant la puberté, il est à peu près semblable chez les garçons et chez les filles mais, à partir de 14 ans, il devient plus faible chez ces dernières. Aussi les valeurs maximales sont observées vers l'âge de 14 ans chez la fille, tandisqu'il augmente chez les garçons jusqu'à l'âge de 18 ans environ (Mirwald et coll, 1981, sciences et motricité n°10 P44).

La consommation d'oxygène augmente avec l'âge jusqu'à 20 ans (Hollman et coll, 1965, Knuttgen, 1967). Au delà de cet âge, elle se réduit progressivement pour atteindre à 60 ans environ 70% de la valeur mesurée à 25 ans (Robinson, 1938, Astrand, 1960, Holliman 1963). En dessous de 12 ans, il n'y a pas de différence entre les garçons et les filles (Mémoire Djiby Kébè). La consommation d'oxygène est souvent exprimée soit en valeur absolue (L min), soit en valeur relative (ml. Kg-1.min-1). Cette dernière expression est dans beaucoup de cas celle qui indique le mieux les capacités de performance de sujet; car une "grosse" personne peut avoir une plus grande consommation d'oxygène en

raison de sa grande masse musculaire. «En effet, la masse musculaire, principale consommateur d'oxygène» à l'exercice augmente nécessairement au cours de la croissance et contribue pour l'essentiel à l'augmentation du $\dot{V}O_2$ max. aussi, pour écarter l'influence des facteurs morphologiques, il est classique de normaliser ce paramètre par rapport au poids." (Astrand et Rodhal, 1970, Sciences et motricité n°10).

Il ressort des différentes études que le $\dot{V}O_2$ max augmente régulièrement avec les dimensions corporelles jusqu'à la puberté pour s'arrêter en même temps que celles-ci se stabilisent.

Une augmentation de $0,1 \text{ l min}^{-1}$ par an a été observée chez 148 enfants de 6 à 11 ans sans distinction de sexe (Flandrois, 1981, Sciences et motricité n°6). Après 11 ans l'augmentation est plus rapide chez les garçons que chez les filles. Elle atteint par exemple entre 11 et 16 ans, 50% ($0,18 \text{ l min}^{-1}/\text{an}$) chez le garçon, 30% ($0,09 \text{ l min}^{-1}/\text{an}$) chez la fille dans une étude portant sur 287 enfants non sportifs. La pratique régulière d'un sport améliore très nettement cette progression. Des gains de 100% et 50% ont été respectivement observés chez des jeunes nageurs et nageuses. Pour un âge donné, le $\dot{V}O_2$ max est nettement

plus élevé chez les sportifs, alors que leur taille et leur poids ne sont pas différents de ceux de non sportifs. (Flandrois et Coll) 1982, Sciences et motricité n°6).

Dans ces conditions, la valeur la plus élevée autour de 50 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ Chez le garçon et 40 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ chez la fille est observée autour de 10 ans et stagne voire diminue ensuite progressivement chez les sujets qui ne s'entraînent pas (Flandrois et coll, 1982; Shepard, 1982) (Sciences et motricité n°10). Un bon $\dot{V}O_2$ max dépend de plusieurs facteurs dont le plus important reste la diffusion de l'oxygène à travers la membrane alvéolo-capillaire . Cette diffusion de l'oxygène ne constitue pas cependant un facteur limitant à l'exercice musculaire chez le sujet sain. Ce $\dot{V}O_2$ max dépend aussi de la capacité maximale de transport de l'oxygène par le sang. Il dépend aussi de la vitesse de diffusion de l'oxygène à travers la capillaire et des capacités oxydatives mitochondriales de la cellule musculaire. Cette capacité oxydative est très importante, car, elle permet l'essentiel de l'approvisionnement énergétique lors des exercices prolongés. Le $\dot{V}O_2$ max donc, représente le meilleur critère de la capacité fonctionnelle du système d'échange gazeux respiratoire.

Chez l'enfant, des études révèlent une adaptation plus rapide du système d'échanges gazeux respiratoire et circulatoire aux besoins énergétique et une meilleure capacité enzymatique oxydative (Eriksson, 1972, Haralambée, 1981, sciences et motricité, 1988, n°6).

Le coût énergétique

Diprampero le définit comme "étant la quantité d'énergie dépensée pour se déplacer sur une unité de parcours." (Les limites de la performance, édition Revue d'EPS). Il est plus élevé en natation comparée à tout autre type de locomotion. Ce plus grand coût énergétique de la natation est attribuable en grande partie à la densité de l'eau qui est 820 fois celle de l'air; cette densité est à l'origine de la résistance considérable au déplacement du corps du nageur. (Seydou Sano, 71). Pour une même vitesse de nage, le coût énergétique peut varier considérablement d'un nageur à l'autre. (Chatard et coll, 1985; Monpetit et coll, 1983.) Cette observation a toujours limité l'application des épreuves d'évaluation indirecte de la capacité physique en natation Treffene et coll, 1979.

Ainsi les résultats obtenus à l'issue d'une épreuve d'évaluation indirecte de la capacité physique en natation sont grandement influencé par le rendement mécanique (Jackson et coll,1979; Diprampero,1985, sciences et motricité n°7)

Le rendement mécanique (en%) se définit comme le rapport entre le travail produit et la dépense énergétique, multiplié par 100. Il est généralement inférieur à 20% dans les activités où l'individu est confronté à de grandes résistances comme :

le patinage, l'aviron, le cyclisme et la natation. Le rendement mécanique de la natation en style libre est généralement inférieur à 10% (Fox et MATHEWS, physiologie de l'activité musculaire P.44). Il est difficile à mesurer, on se contente de mettre en relation la dépense d'énergie (V_{O_2}) en fonction de l'intensité de l'effort (leger et lavoie, 1985). Recemment, (lavoie et coll, 1985) ont mis au point un test indirect de mesure de la PAM en natation inclurant une mesure indirecte du coût énergétique de la nage. Cette mesure appelée indice de mouvement de bras (I.M.B), est, égale au rapport du nombre de mouvements de bras effectué pour nager une distance donnée (125m) sur la vitesse de nage en m.s-1 (léone et coll, 1987; Graig et pendergast, 1979) (Sciences et matricité n°10)

Dans le cas du coût énergétique de la natation :

- il existe une grande différence environ (40%) entre le coût énergétique des nageurs de haut niveau et des bons nageurs contrairement à la course à pieds (les limites de la performance, édition révue d'EPS).

- Le coût énergétique de la natation augmente d'une façon très importante avec la vitesse de nage contrairement au coût énergétique de la course à pieds.

- Le coût énergétique de la natation à une vitesse correspondant à la PAM est, 4.5 fois plus élevé que celui de la course à pieds (Diprampero) limites de la performance humaine, édition, Revue EPS). contrairement à la course, il existe plusieurs styles de nage à chacun de ces styles correspond une évolution du coût énergétique en fonction de la vitesse de nage qui lui est propre (figure 1.1). Toutefois, la nage libre est la nage la plus économique (coût énergétique plus faible).

En natation, il existe une différence du coût énergétique selon le sexe ce qui n'est pas le cas en course à pieds lorsque le coût énergétique est exprimé en mlO_2/Kg (limites de la performance humaine, édition, Revue d'EPS). Le coût énergétique de la nage libre de nageuse (pas de spécialistes de haut niveau) pour une vitesse donnée de nage (0.9ms^{-1}) est 30% plus faible que celui des

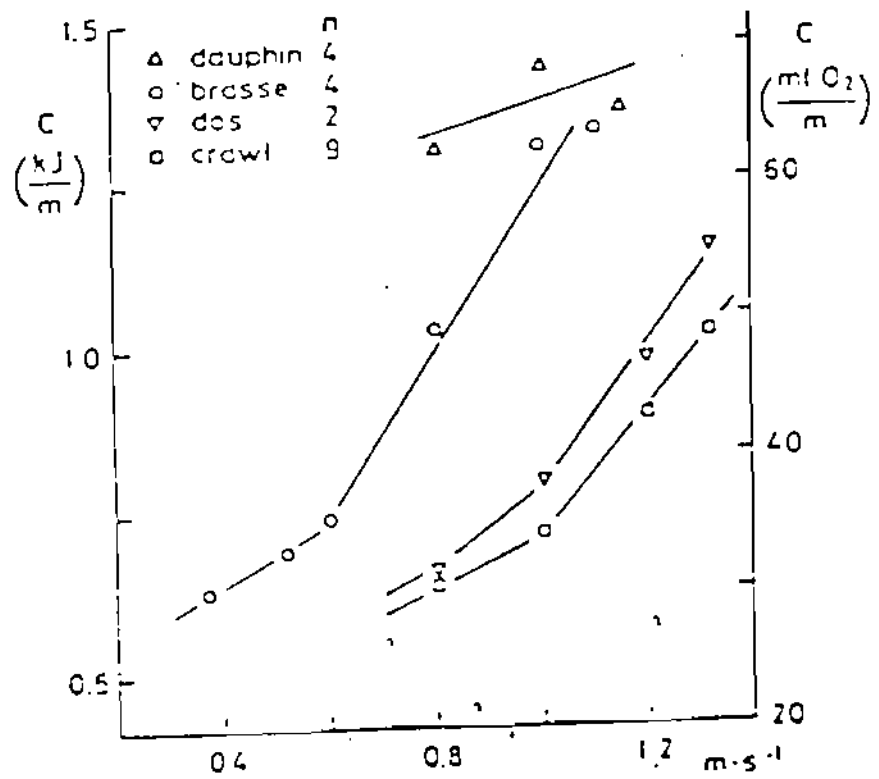


Figure 1.1: Etude du coût énergétique pour différents styles de nage. Holmer (29,31)

sujets masculins pour une même puissance, leur vitesse était par conséquent 30% supérieure. Ceci s'explique par les différences, entre la femme et l'homme, de la distribution de la densité corporelle le long d'un axe tête pieds. (Limites de la performance, édition Revue d'EPS). Le taux plus élevé de pourcentage de graisse de la femme, ses masses musculaires plus petites, ses membres plus courts font qu'elle a une meilleure flottaison comparée à l'homme (Seydou Sano, 8; 31).

Des données plus récentes sur la valeur du coût énergétique entre l'homme et la femme ont été publiées par l'étude de Monpetit et al (Seydou Sano,73) et par celle de Van Handel (Seydou Sano, 98A).

Selon Monpetit et al 40% de la différence du coût énergétique observée entre l'homme et la femme pourrait être expliquée par la variation du poids corporel.

Une différence du coût énergétique s'observe également entre nageurs de même sexe et de même niveau de performance et la variation est de l'ordre de 15% (Seydou Sano,31) Une autre comparaison entre "mauvais nageurs" et "bons nageurs" au crawl a permis de mettre en évidence chez ces derniers une technique de progression beaucoup plus économique ce qui leur permet d'atteindre des vitesses de nage plus élevées pour le même coût énergétique (Seydou Sano,31).

1 - 3 Différentes méthodes
d'évaluation de la
consommation maximale
d'oxygène en natation.

a) Mesures directes maximales de la consommation d'oxygène
du nageur.

Les tests directs sont caractérisés par leur exactitude, ils sont les plus populaires et se composent de trois formes d'épreuves : la nage attachée, la nage libre et la nage en bassin à courant d'eau continu.

- La nage attachée : cette méthode permet au sujet de nager sur place (fig. 1.2 et fig 1.3)

attaché à une corde reliée à un système de poulie, le nageur doit ainsi se maintenir sur place pendant que des charges de plus en plus lourdes sont ajoutées périodiquement au cours du test. Ce type de test est rendu célèbre par DIXON et FAULKNER (1971).

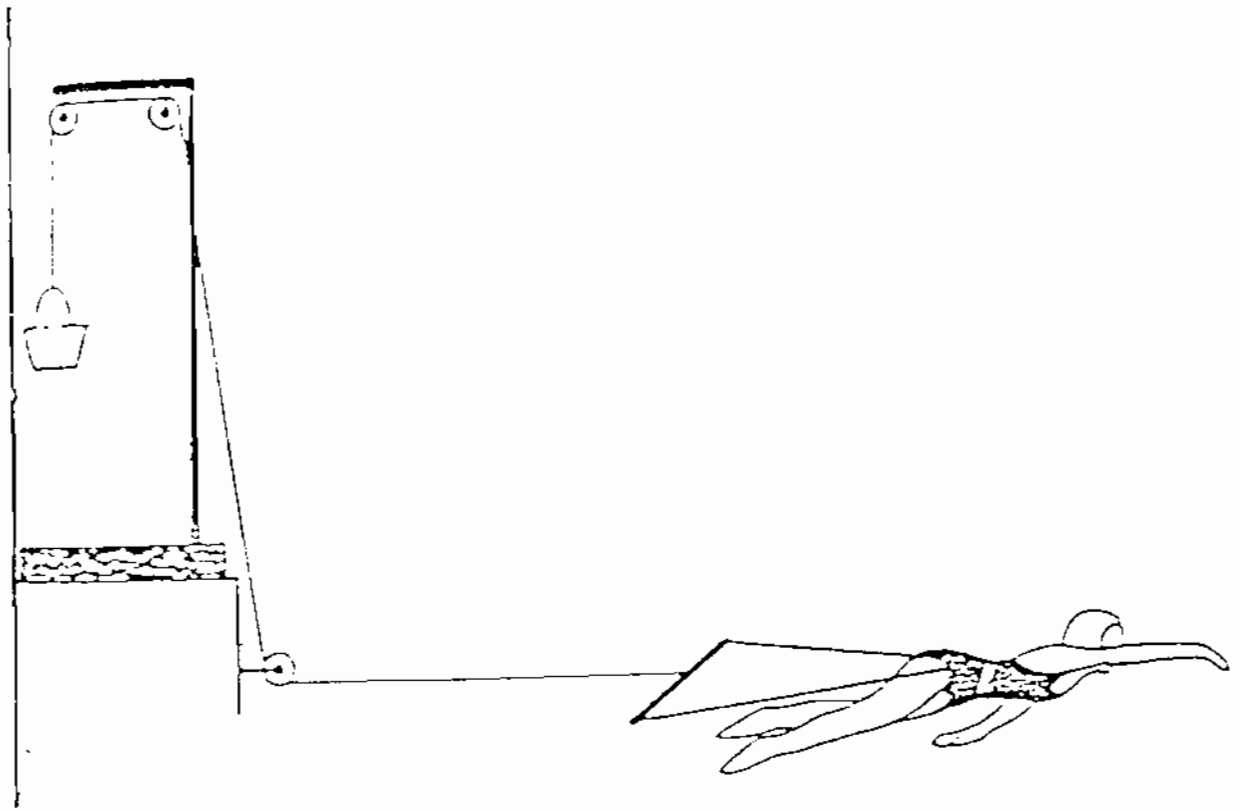


Figure 1.2: Représentation schématique de la nage
attachée à un système de poulies. Bonen et
al (8)

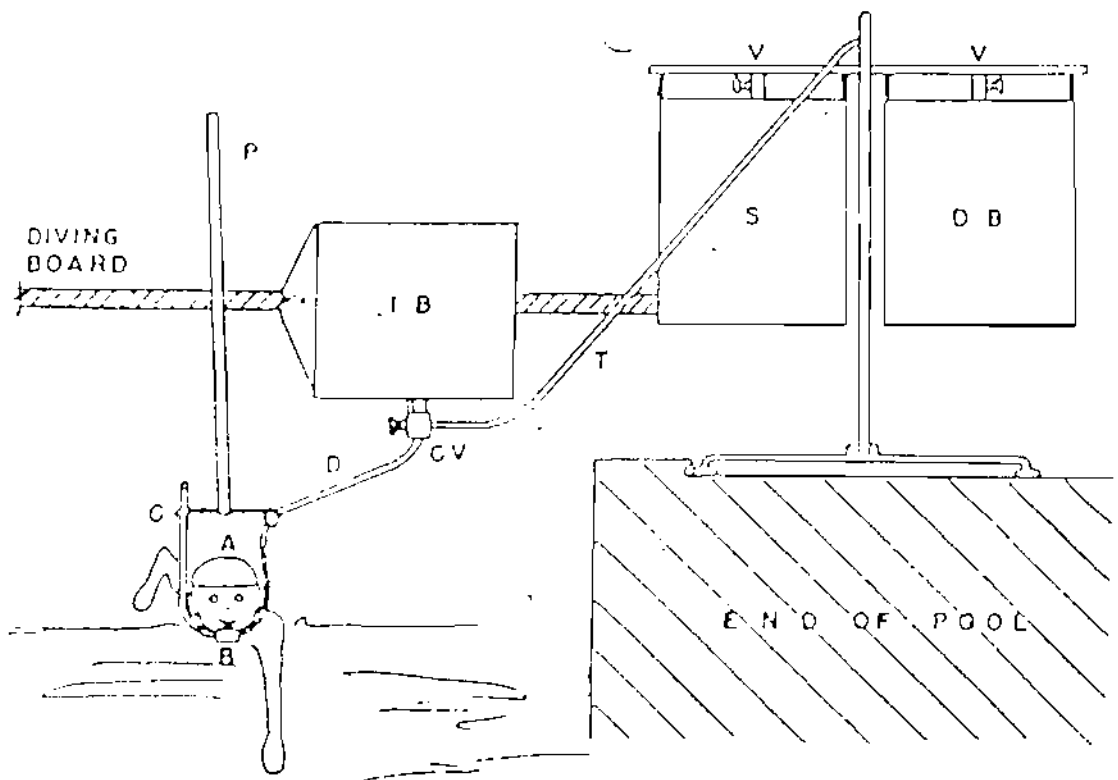


Figure 1.3 : Montage pour une épreuve de nage attachée
d'après Van Huss et Cureton (44)

Le test est très critiqué parce que le nageur éprouve des difficultés pour trouver ses "appuis" dans ce courant d'eau, et en raison de sa position anormalement redressée lors de la nage (cazorla et al; 1982). Ainsi, les chercheurs s'orientent vers la découverte d'un deuxième type de test maximal direct en natation qui est la nage libre (Lavoie et Coll, 1981, CAZORLA et AL, 1982, revue Québécoise de l'activité physique p. 39 à 43)

- La nage libre : Elle est le deuxième type de test maximal direct en natation. Dans cette méthode, le nageur est libre dans ses déplacements. Un dispositif permet de suivre le nageur le long de son déplacement pour recueillir l'air expiré dans des ballons placés dans un chariot (fig. 1.4 et fig.1.5).

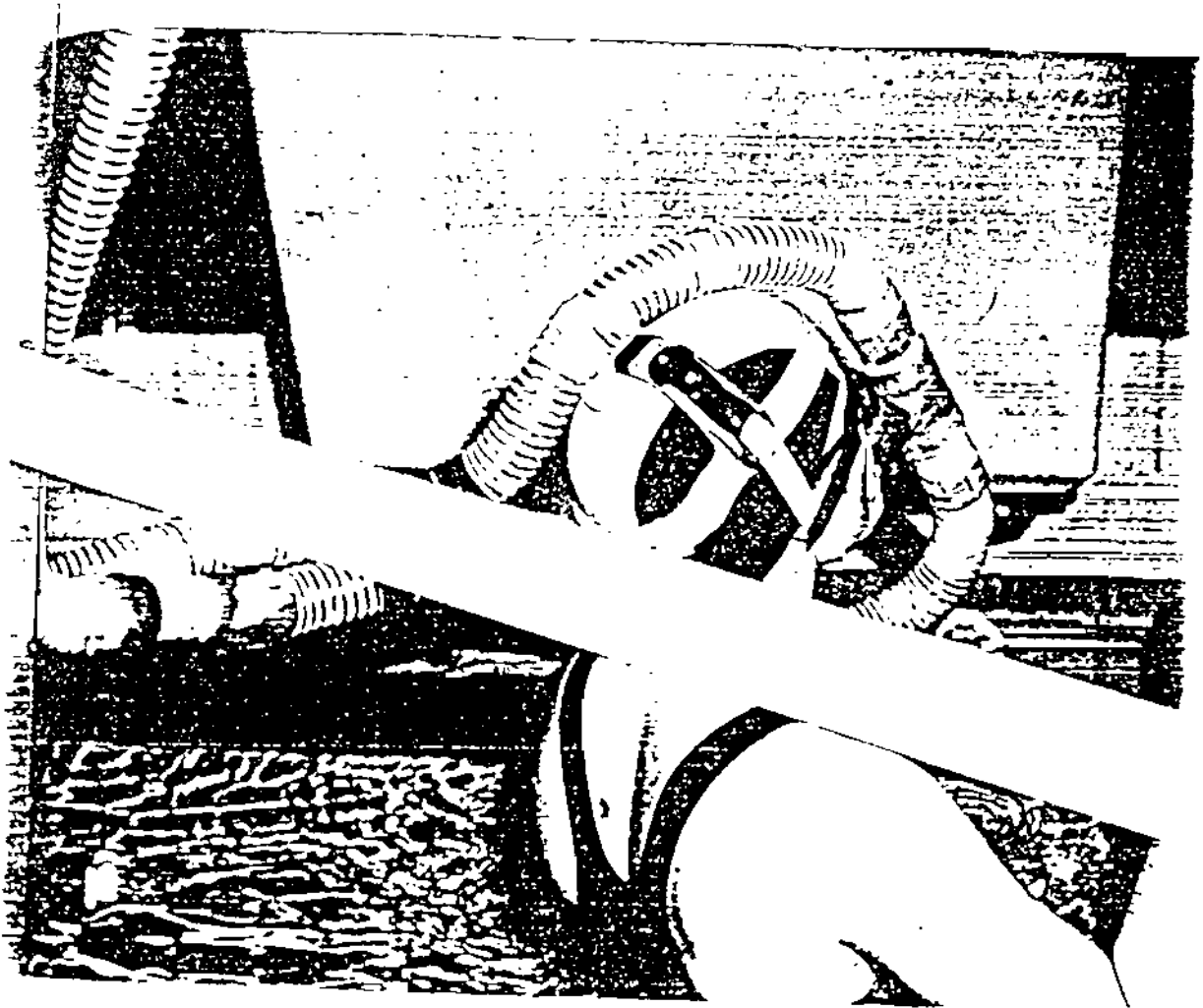


Figure 1.4: Appareillage servant à la collecte des gaz
expirés lors du test de nage libre. Lavoie
et al (32)

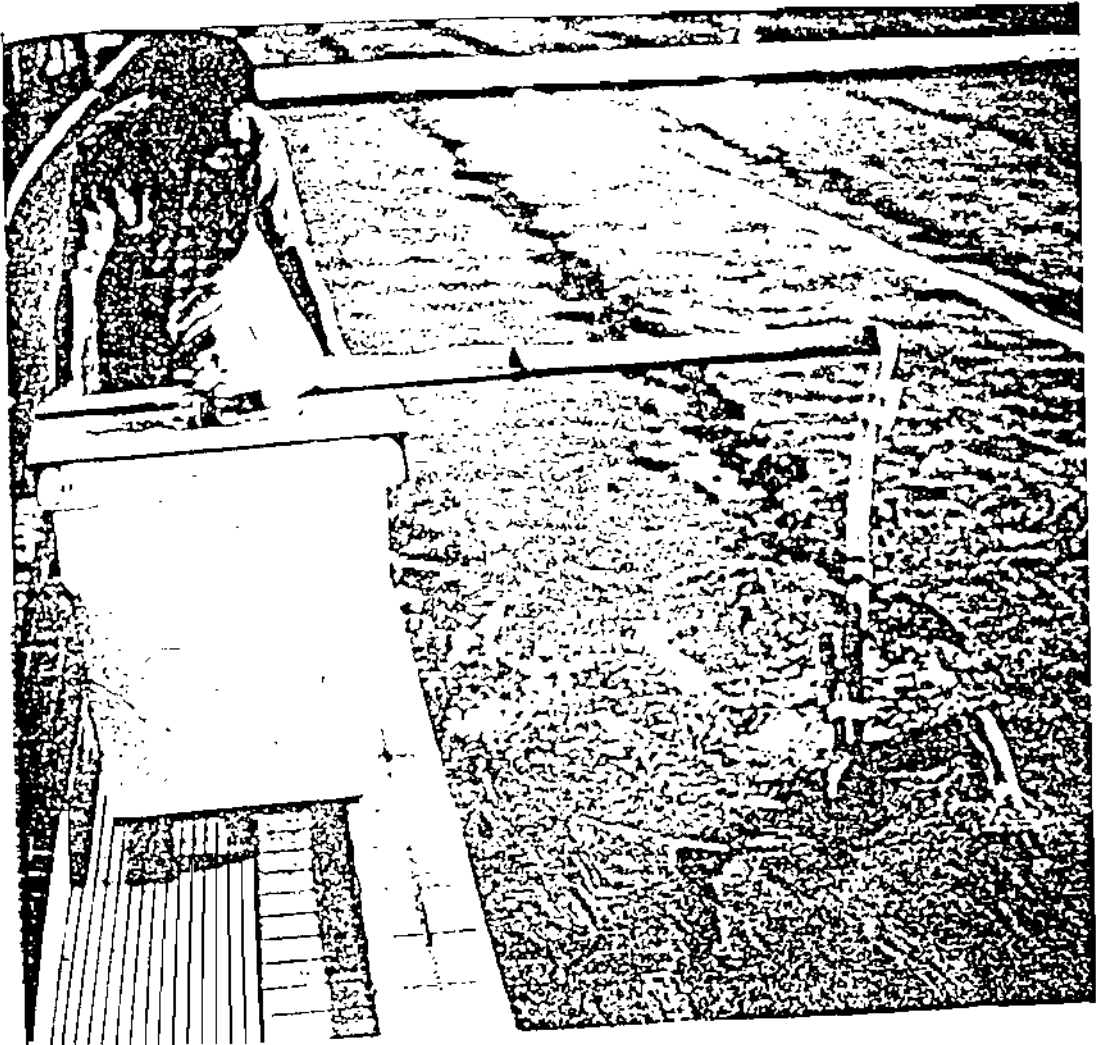


Figure 1.5: Appareillage permettant de suivre le nageur
tout au long de son déplacement lors du
test de nage libre. Lavoie et Leger (32)

Elle permet de mesurer la consommation maximale d'oxygène. Cette méthode popularisée par Magel (Seydou SAND, 66) ne manque pas d'inconvénients car, le nageur est soumis à des contraintes d'équipement (pièce buccale, valves, tubes etc.) ce qui fait que le nageur éprouvait beaucoup de difficultés pour effectuer des virages compétitifs (Seydou SAND, 54). Cependant, elle permet la reproduction du mouvement de nage et offre un bon échantillon gazeux. (Seydou SAND, 12, 54).

- La nage en bassin à courant d'eau continu :

Dans cette méthode, le nageur doit lutter pour se tenir sur place contre le mouvement progressivement accéléré créé dans le bassin (fig. 1.6 et fig 1.7). La consommation d'oxygène est obtenue à partir de l'analyse des gaz expirés et recueillis durant l'exercice.

Cette méthode est peu utilisée car, l'appareillage est très sophistiqué et les équipements nombreux. Ainsi, pour donner aux nageurs la liberté de mouvement et de leur permettre d'atteindre de grandes vitesses, Monpetit et al (1981) ont proposé une forme d'évaluation de la PAM sans appareillage.

Cette méthode utilise la courbe de récupération de l'oxygène après un effort maximal (LEGER et AL., 1980). Elle mesure la consommation d'oxygène pendant les 80 premières secondes après l'arrêt de l'exercice (fig. 1.8). L'avantage de cette méthode est que le nageur est libre de tous ses mouvements. (Revue Québécoise de l'activité physique, p.39 à 43). Par la suite, la recherche sera orientée vers les méthodes d'évaluation indirectes de la PAM.

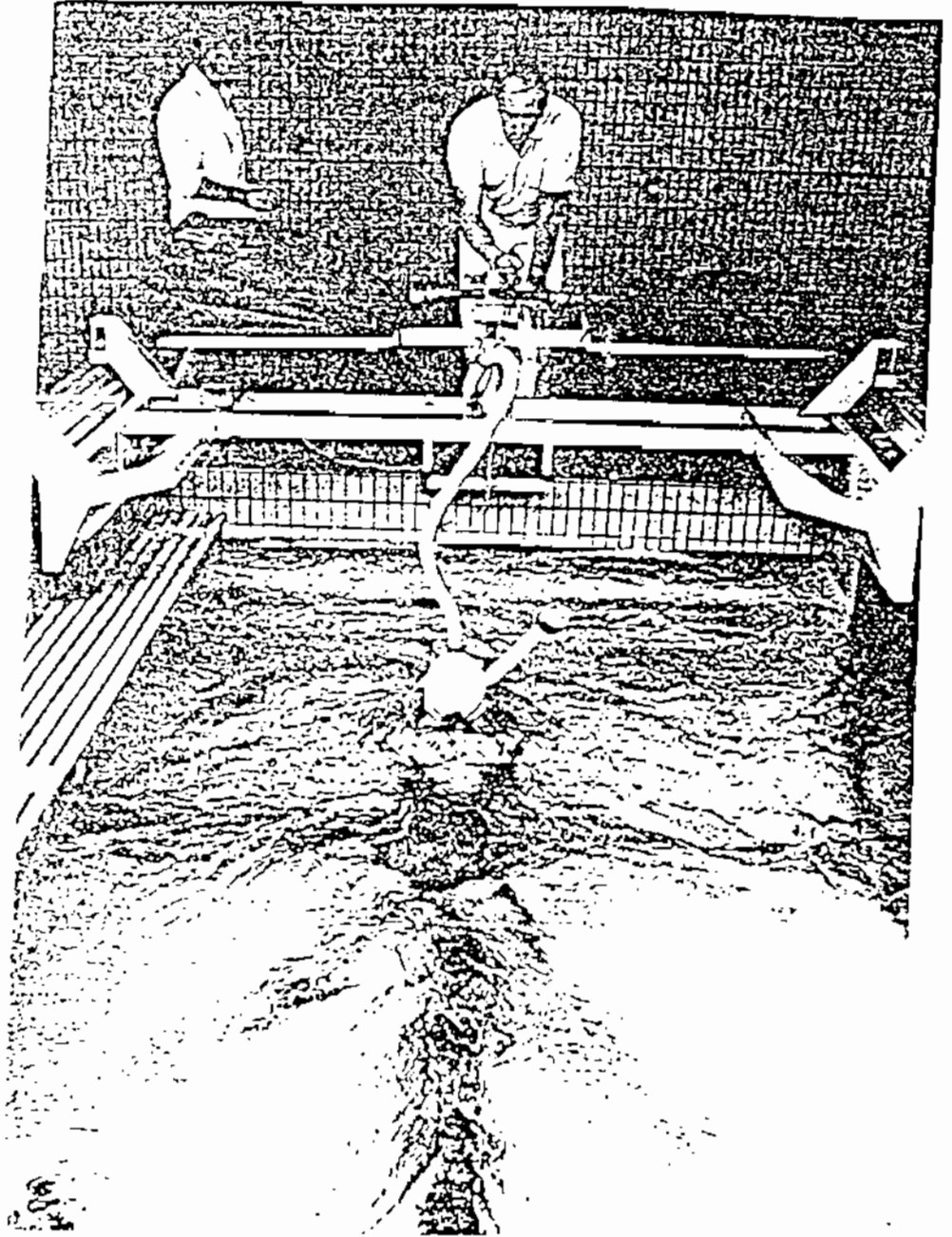


Figure 1.6: Evaluation de la puissance aérobie maximale (P.A.M) en bassin à courant d'eau confiné
Holmer et Astrand (30)

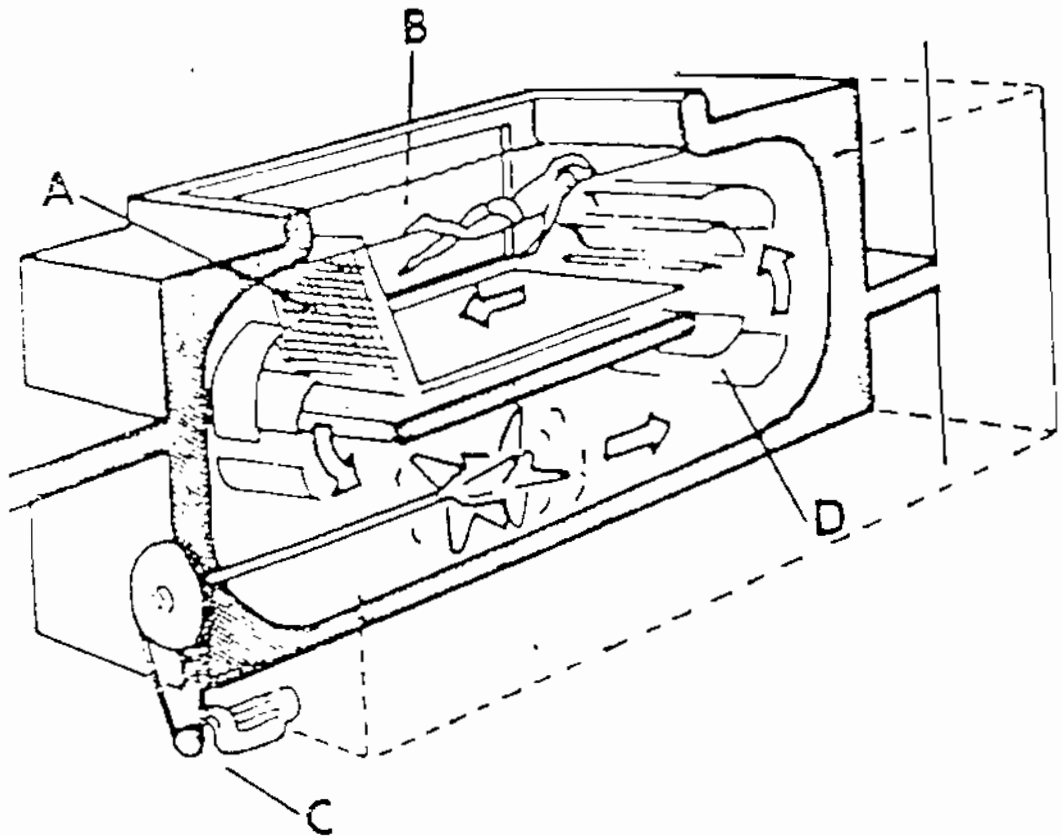
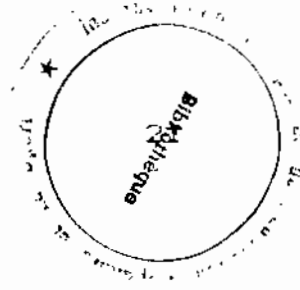


Figure 1.7 : Représentation schématique d'un bassin courant d'eau continu. Astrand et Englesson(2)



Figure 1.8: Collecte des gaz expirés après un effort maximal en natation lors de l'utilisation de la technique de rétroexpiration de la courbe de récupération de l'oxygène. Lavole et Leger (34).

b) Mesures indirectes de la
consommation maximale
d'oxygène du nageur

Le $\dot{V}O_2$ max en natation a été évaluée par JACKSON et al. 1972. Ils ont proposé un test indirect de nage de 12 min. inspiré du test de course de 12 min de Cooper.

L'application de ce test reste très limitée parcequ'il n'était pas progressif et ne tenait pas compte de la variation interindividuelle de l'économie de nage qui existe entre nageurs de même niveau (Seydou Sano, 31, 72,).

Recentment, Lavoie et Coll. (1985) ont mis au point un test indirect d'évaluation de la puissance aérobie maximale fonctionnelle (P A M F).

Ils ont corrigé en même temps les variations du rendement mécanique entre les individus. Il existe une façon très simple d'estimer le rendement mécanique en natation qui consiste à compter le nombre de mouvements de bras exécutés par le nageur

pour franchir une distance donnée (Craig et Pendergast, 1979, sciences et motricité, 1989, n°7) ce test mesure la PAMF qui est le produit de la PAM et du rendement mécanique (PAM et rendement mécanique). Il est progressif et donne la vitesse de nage maximale aérobie quelque soit V_{O_2} .

1. 4 La consommation maximale d'oxygène lors d'épreuves sportives de longue durée comme la natation :

Au cours d'un exercice physique de longue durée (plus de 2 mm) "La consommation d'oxygène augmente rapidement d'abord, plus lentement ensuite jusqu'à une valeur d'équilibre qui est atteinte avec un délai variable suivant l'intensité de l'exercice. A l'état d'équilibre, les besoins sont couverts, le débit cardiaque et la ventilation sont constants. Il n'y a pas de production de lactate. L'énergie libérée provient de la source aérobie". (H.Herman et coll, précis de physiologie de l'activité musculaire). En natation, des études révèlent des consommations maximales d'oxygène importantes.

"Cette consommation maximale d'oxygène dépend du niveau d'entraînement, du morphotype, du rendement mécanique et du style de nage" Seydou SANO, 7,31). Elle est plus élevée chez les sujets entraînés que les non-entraînés (Seydou SANO, 7,58). Chez l'enfant prépubère, la consommation d'oxygène augmente rapidement dès le début de l'exercice. Le délai mis pour atteindre un état d'équilibre est de 2 min. environ (Eriksson, 1972, Flandrois et Coll, 1980, Macek et Vavra, 1980, Sciences et Motricité, 1988, n°6). Ce délai est inférieure à celui généralement observé chez l'adulte, lequel avoisine quatre à cinq minutes. (Eriksson, 1972, Haralambée, 1981, Sciences et motricité, 1988, n° 6).

Les jeunes nageurs ont des consommations maximales d'oxygène nettement supérieures aux autres enfants.

(Hermansen, 1973, sciences et matricité n°6).

Pendant deux ans, des nageurs et nageuses de 10 à 14 ans ont été suivis et examinés juste avant les vacances scolaire puis au retour de celles ci soit trois mois après l'arrêt de l'entraînement en piscine a engendré chez tous les enfants une diminution du $\dot{V}O_2$ max (Flandnois et coll Sciences motricité, 1988, n°6).

Chez des nageurs confirmés, on note des consommations maximales d'oxygène très importantes. Cependant, des tests effectués sur bicyclette ergométrique et sur tapis roulant révèlent que la consommation maximale d'oxygène à la nage est moindre que celle mesurée sur bicyclette ergométrique et sur tapis roulant. La consommation maximale d'oxygène à la nage représente 92,5 % de celle de la bicyclette ergométrique (Seydou Sano 5,35). Tandis qu'elle représente 97,4% de celle de la course sur tapis roulant (Seydou Sano, 18). Toute fois le $\dot{V}O_2$ max natation se rapproche d'autant plus du $\dot{V}O_2$ max course que les nageurs s'entraînent beaucoup. (Holmer, Astrand, 1972, Cazorla et Monpetit, 1983, Sciences et motricité n°3 octobre 87 p.3) (tableau 1.1)

Auteurs	Nombre	Âges (années)	$\dot{V}O_2$ max course (l/min)	$\dot{V}O_2$ max nage libre (l/min)	$\dot{V}O_2$ max nage contre flux (l/min)	$\dot{V}O_2$ max nage contre charges (l/min)	% des $\dot{V}O_2$ max course
MAGEL et FALKNER, 1967	17	19.8 ± 1.0	4.20 ± 0.39			4.14 ± 0.42	98.6
Mc ARDIE et al., 1971	5	19.2 ± 1.5	3.83* ± 0.40	3.36* ± 0.51			87.7
MAGEL	15	21.0 ± 2.2	4.11 ± 0.53			3.82 ± 0.55	92.9
LEPERZ et PORTERS	14		4.29 ± 0.14	3.96 ± 0.11			92
DIXON et FALKNER, 1971	6	19.2 ± 1.2	4.26 ± 0.34			4.05 ± 0.20	95
HOLMER, 1972	9		4.19 ± 0.4		3.73		89
HOLMER et al., 1972	12	18.7	5.38 ± 0.36		5.05 ± 0.53		93.9
CAZORLA et al., 1982 présente étude	11	18.6 (13-25)	3.91 ± 0.55	3.81 ± 0.29			97.4

* La marche sur tapis roulant à pentes croissantes et le nombre de cycles de bras par minute ont été utilisés dans cette étude pour déterminer respectivement le « $\dot{V}O_2$ max - tapis roulant » et le « $\dot{V}O_2$ max - eau ».

Tableau 1.1: Recensements des différences obtenues entre les consommations maximales d'oxygène mesurées sur tapis roulant et au cours de la nage chez les nageurs qualifiés entraînés.

Cazorla et al (10)

CHAPITRE II/ METHODOLOGIE :

2. 1 Description des sujets :

Douze (12) nageurs dont les caractéristiques biométriques sont présentées dans le tableau 2.1 ont pris part à ce test : ils sont répartis comme suit : cinq (5) nageurs viennent de l'association sportive des forces armées (A.S.F.A), ils sont basés à Ngor où ils s'entraînent. Sept (7) nageurs viennent du cercle des nageurs de Dakar (C.N.D.), ils s'entraînent à l'hôtel SAVANA de DAKAR. L'âge moyen des sujets est de 24 ans et ils ont tous pratiqué pendant au moins 5ans. Ils bénéficient tous d'une bonne couverture médicale et ont tous oconsenti à subir le test.

2.2 Description du test :

Le test utilisé est celui de Luc Leger (évaluation de la valeur physique n°7). C'est un test navette de 20m, il est aérobie et composé de paliers de 2 minutes à vitesse progressivement accélérée. Nous avons comme matériel :

- Une magnétophone avec la cassette préenregistrée du protocole de l'épreuve.
- Une fiche pour enregistrer le nombre de paliers complétés par le sujet et ses caractéristiques biométriques (Age, Poids,Taille).

2.3 Déroulement du test

Le test s'est déroulé dans le terrain de basket ball de l'INSEPS. Une ligne était tracée à 20m de la ligne de fond et parallèlement à celle-ci. Les sujets effectuaient des allers et retours en bloquant à chaque fois un pied derrière une des deux lignes au moment de l'audition du son "tut" ^{dit} donné par la bande magnétique. La vitesse du sujet est ainsi réglée par le son. Si le sujet est en avance par rapport au son, il doit ralentir son allure et, inversement, lorsqu'il est en retard. Le sujet est ainsi amené de la marche vers la course de plus en plus rapide jusqu'à la vitesse limite personnelle à partir de laquelle il ne peut plus suivre une nouvelle accélération. Chaque augmentation de vitesse conduit à un nouveau palier.

2-3-1 Détermination de la consommation maximale d'oxygène

Le $\dot{V}O_2$ max est prédit indirectement en attribuant au dernier palier le coût énergétique moyen de la vitesse correspondante qu'on peut lire sur le tableau établi par Luc Leger (évaluation de

la valeur physique n° 7, 1984). Exemple si un sujet s'arrête au palier 10 1/2, son $\dot{V}O_{2max}$ prédit est $(35 + 3,5/2)$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ 36,75ml.kg⁻¹.min⁻¹

2-4 Traitement statistique

2-4-1 Calcul du coefficient de corrélation

$$r = -0.91$$

X = 40.83 : moyenne de la variable ($\dot{V}O_{2max}$)

Y = 15.32 : moyenne de la variable (performance)

σ_X = 4.53 : écart type de la variable $\dot{V}O_{2max}$

σ_Y = 1.07 : écart type de la variable performance le nombre de degrés de liberté : 12 - 1 = 11

Signe utilisé:

X = moyenne

Y = moyenne

σ = écart type

r = coefficient de corrélation

Pour le calcul du coefficient de corrélation nous avons utilisé la formule suivante:

$$r = \frac{\sum X_i \cdot Y_i}{\sqrt{\sum X_i^2 \cdot \sum Y_i^2}} \quad , \quad r = -0.91$$

$$X_i = x_i - \bar{x}$$

$$Y_i = y_i - \bar{y}$$

X_i = valeur prise par la variable ($\dot{V}O_{2max}$)

Y_i = valeur prise par la variable (performance)

n = moyenne des sujets ($n=12$)

X = moyenne de la variable X_i ($\dot{V}O_{2max}$)

Y = moyenne de la variable Y_i (performance)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

Calcul de t :

$$t = \sqrt{\frac{r^2(n-1)}{1-r^2}} = \frac{r\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t = \frac{-0.91\sqrt{11}}{\sqrt{1-(-0.91)^2}}, \quad t = \frac{-3.01}{0.42} = -7.166$$

$$t_c = -7.166$$

$$t = 1.796$$

$|t_c| > t$ $7.166 > 1.796$ donc, il existe une corrélation

$$P < .05$$

$$dl = n-1 = 12 - 1 = 11$$

r est significative

$$t_c = t \text{ calculé}$$

$$t_c = t \text{ du tableau}$$

Sujets	Age(ans)	Poids (kg)	Taille(cm)
1	22	81	186
2	24	73	188
3	31	71	178
4	21	70	175
5	19	66	182
6	32	78	188
7	25	64	178
8	19	60	172
9	19	64	178
10	19	60	174
11	19	66	172
12	19	80	174
	24	69,5	179

Tableau 2.1 : Caractéristiques biométriques des sujets

Chapitre III Résultats et discussion :

Les résultats du test sont présentés dans le tableau 3.1 ; Il révèle une consommation maximale d'oxygène plus importante (plus grand nombre de paliers complétés) pour les cinq premiers. Mais le 4ème et le 5ème ont un $\dot{V}o_2$ max supérieur à celui du 3ème qui représente 92% du $\dot{V}o_2$ max du 5ème. Ensuite viennent les 4 suivants qui ont complété le même nombre de paliers (même $\dot{V}o_2$ max) mais dont les performances sont sensiblement égales, elles varient entre 13'35'' et 20'. Parmi les 3 qui restent, il y a 2 qui ont complété le même nombre de paliers (même $\dot{V}o_2$ max) et qui ont réalisé des temps à peu près égaux 20'35'' et 20'50''. Enfin, le dernier a la consommation maximale d'oxygène la plus faible avec un temps de 21'. Le tableau 3.1 révèle donc qu'il y a des sujets qui ont le même $\dot{V}o_2$ max (6ème, 7ème, 8ème et 9ème) mais dont les performances varient peu entre 19'.35'' et 20'.

Dans le même tableau, nous constatons que le nombre de paliers complétés diminue avec la baisse de la performance.

Pour avoir complété moins de paliers, le nageur numéro (3) a réalisé un temps meilleur que celui du 4ème et 5ème nageur.

Le tableau révèle que le temps s'améliore en même temps que l'augmentation du nombre de paliers complétés.

- La corrélation (-.91) trouvée entre le $\dot{V}O_2$ max des nageurs prédit à l'issu du test et leur temps réalisé en compétition révèle l'aspect déterminant du $\dot{V}O_2$ max sur la performance. Autrement dit, plus le nageur a un bon $\dot{V}O_2$ max plus il réalise un meilleur temps.

La meilleure performance du nageur n°3 comparée à celle des nageurs n°(4) et (5) pourrait s'expliquer par une plus grande vitesse de nage. Cette dernière peu s'expliquer par un meilleur rendement mécanique qui suppose un coût énergétique moindre.

En conclusion, on peut dire que le test de course aérobie de luc léger peut être utilisé pour évaluer le $\dot{V}O_2$ max de nageurs dans un pays comme le nôtre où nous manquons du matériel adéquat pour des tests spécifiques surtout en natation. Toutefois un test spécifique présente plusieurs avantages :

- Il place l'athlète dans une situation d'exercice qui sollicite l'utilisation optimale des fibres musculaires spécifiquement entraînés.

- Il donne une meilleure mesure du potentiel de performance d'un athlète spécialement entraîné, même si cette valeur est inférieure au $\dot{V}O_2$ max du tapis roulant.

Il indique non seulement la puissance aérobie totale mais aussi l'habileté athlétique et spécifique. Cependant, ce test peut ne pas être indispensable pour évaluer le $\dot{V}O_2$ max d'un athlète car le score du tapis roulant donne une meilleure idée de la consommation maximale d'oxygène.

Sujets	Temps (min:s)	Vo ₂ max (ml.kg ⁻¹ min ⁻¹)	Paliers Completés
1	17:22	49	14
2	18	47,25	13 1/2
3	18:50	40,25	11 1/2
4	18:55	47,25	13 1/2
5	19	43,75	12 1/2
6	19:35	38,50	11
7	19:48	38,50	11
8	20	28,50	11
9	20	38,50	11
10	20:23	36,75	10 1/2
11	20:50	36:75	10 1/2
12	21	35	10
X	19:32	40,83	

Tableau 3.1 : Classement des sujets
en fonction des meilleurs temps.

Résumé et conclusion :

Le test navette de 20 m de luc léger (évaluation de la valeur physique n°7) qui est un test aérobic progressif avec des paliers de 2 min nous a permis d'estimer le $\dot{V}O_2$ max des nageurs confirmés sur le terrain. Les résultats obtenus ont été comparés à la performance de ces mêmes nageurs sur la traversée de NGOR. Les sujets évalués sont bien entraînés, ils participent à toutes les compétitions nationales. Une corrélation négative de (- 0.91) a été trouvée. Des travaux antérieurs ont eu à faire des études corrélatives entre le $\dot{V}O_2$ max course et le $\dot{V}O_2$ max nage et ont trouvé des corrélations de 97.4% (Cazorla et al, 1982) et de 92% (le pere et PORTERS) (voir tableau 1.1)

Selon Mon petit (Seydou Sano,20), il est possible d'obtenir le Vo_2 max d'un nageur entraîné à partir du tapis roulant.

En général, le $\dot{V}O_2$ max nage demeure toujours inférieur à celui de la course.

Etant donné que le $\dot{V}O_2$ max course est fortement corréolé au $\dot{V}O_2$ max nage et vu que les nageurs qui ont les meilleurs $\dot{V}O_2$ max lors du test ont réalisé les meilleures performances; on peut utiliser le test :

- pour estimer le $\dot{V}O_2$ max des nageurs
- pour l'élaboration, le suivi et l'évaluation d'un programme d'entraînement en endurance.

Toutefois, le $\dot{V}O_2$ max de la nage est fortement influencé par d'autres facteurs tels que le rendement mécanique le coût énergétique, le poids et la taille du nageur etc...

D'ailleurs, c'est ce qui est à l'origine du principe de spécificité décrié par beaucoup d'auteurs, lequel principe veut que tout sujet soit évalué dans son milieu naturel.

Nous pensons que dans un pays comme le nôtre où nous manquons véritablement d'outils d'évaluation, ce test peut constituer un palliatif ou doit pouvoir aider les entraîneurs à estimer la consommation maximale d'oxygène des nageurs. Même si d'autres facteurs (rendement, mécanique, coût énergétique etc) sont importants, la puissance aérobie maximale (PAM) demeure l'élément le plus déterminant pour une épreuve sportive de longue durée comme la traversée de Ngor à la nage.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Astrand (PO), Rodhal (K). Text book of physiology, New York. Mc Grav. Hill, 1970 : 321-340. In Sciences et motricité n°10
- 2 - Astrand (PO), (S.A) Englesson - Aswimming flume. J. Appl. _____ physical.33 : 514, 1972. In Mémoire de Seydou Sano.
- 3 - Astrand (PO), Rodhal (K), précis de physiologie de l'exercice musculaire 2é édition, Masson, 1980.
- 4 - Astrand (PO) et coll - Blood lactates after prolonged severe exercices. J Appl.physical, 1963, n°18, PP.619-622. In Sciences et motricité n°3.
- 5 - Astrand (PO), Rodhal(K) - Manuel de physiologie de l'exercice musculaire . Paris : Masson, 1980. In Sciences et motricité n°3
- 6 - Astrand (PO) - Experimental studies of physical working capacity in relation to age and sex . Copenhagen : Munksgaarded, 1952. In Sciences et motricité n6.

7 - Andrew (G) et coll - heart and lung function in swimmers and non athletes during growth. J. Appl physical, 1972, 32, PP 245-251. In Sciences et motricité n°6.

8 - Bonen (A), et coll, A maximal oxygen uptake during free fethered and flunie swimming, 1980. In Mémoire de Seydou Sano.

9 - Cazorla (G). La consommation maximale d'oxygène du nageur. Mémoire, compte rendu de recherche, 1982, INSEP INSciences et motricité n°3.

10 - Cazorla (G) Monpetit (R). - fouillot (JP), CERVETTI(JP)
Etude méthodologique de la mesure directe de la consommation maximale d'oxygène au cours de la nage.
Cinésiol, 1982, n°XXI, PP.33-40. In Sciences et motricité n°3.

11 - Cazorla (G), Monpetit (R) - Niveau d'entraînement et spécificité de la consommation maximale d'oxygène chez le nageur. Motricité humaine, 1983, n°1, PP.50-55. In Scinecs et motricité n°3

- 12 - Cazorla (G), Monpetit (R), Chatard (J.C). - Aspects biologiques de la natation de compétition culture technique, 1985, n°13, PP.126-127. In Sciences et motricité n°3.
- 13 - Cazorla (G), Monpetit (R), PROKOPSP, CERVITTI (JP) - De l'évaluation des nageurs de haut niveau à la détection des jeunes talents, INSEP. travaux de recherche en EPS 7 : 185-208, 1984.
- 14 - Chatard (J.C) et coll - Influence of body height, weight, hydrostatic lift and training on the energy cost of the front crawl. The New Zealand journal of sport Medecine, 1985, 13,P.82-84. In Sciences et motricité n°7
- 15 - CRAIG (A.B), PENDERGAST (DR) - relationship of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. Med.Sci. Sport, 1979, 11, P.278-283. In Sciences et motricité n°7
- 16 - Chatard (JC), PAULIN - Intérêt des mesures de lactate sanguin dans le suivi physiologique des performances 83-84 de Thomas FAHRENER. Nage, mars 85, P.13-14 In sciences et motricité n°3.

- 17 - DIPRAMPERO (P?E) - Le coût énergétique de la locomotion humaine sur terre et dans l'eau. Schweigerisch Zeitschriftfur sport Med., 1983, 31 P.87-94 . In Sciences et motricité n°7
- 18 - DIPRAMPERO (P.E), PENDERGAST (DR)- Blood lactic concentrations in high velocity swimming Park press Ed., baltimore, PP149-161 - In Sciences et motricité n°3.
- 19 - DIPRAMPERO (PE), - Les limites de la performance humaine, édition revue d'EPS.
- 20 - ERIKSON (BO) - Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys. Actaphysiol scand, 1972, suppl.384, PP 1 - 48. In Scinces et moricité n°6.
- 21 - ERIKSON (BO), Hock (G), En effet of Physical training a hemodynamic response during submaximal and maximal exercice in 11-13 tear old boys. Acta physacal Scand, 1973, 87, Pp 27-39 . In Sciences et motricité n° 6.
- 22 - FAULKNER (JP), Physiology of swimming. Resquart 37 : 41-54, 1966 In Mémoire seydou Sano.

23 - FLANDROIS(M) - Aussi de la validation du test d'ASTRAND chez 148 enfants de 6 à 11 ans - thèse Médecine université lyon I, 1981. In sciences et motricité n°6.

24 - FLANDROIS (R), - Adaptation physiologique de l'enfant à l'exercice musculaire XXVII^e congrès des pédiatres de langue français; Flammarion: Med. Sci. Ed , 1984 P 349-357 . In Sciences et motricité n°6

25 - FLANDROIS (R), GRANDMONTAGNE (M)- Adaptations cardio-respiratoires au début de l'exercice musculaire chez l'enfant: In : croissance et développement chez l'enfant, R.J Shepard and H. Lavallée (Eds). université de Québec, 1980, PP.319-328. In Sciences et motricité n°6

26 - FLANDROIS (R), GRANDMONTAGNE (M) et coll, - La consommation maximale d'oxygène chez le jeune Français. Sa variation avec l'âge, le sexe et l'entraînement, J. Physical (Paris), 1982, 78 PP.186-194. In Sciences et motricité n°6.

27 - FOX et MATHEWS. Physiologie de l'activité musculaire.

- 28 - HOLMER (i) - Propulsive efficiency of breast stroke and free style swimming Eur.J. Appl physiol, 1974a, 33,PP95-103
In Scineces et motricité n°7
- 29 - HOLMER (i) - Energy cost of arm stroke, leg kick, and the whole stroke in competitive swimming styles Eur.J . Appl physiol, 1974b, 33, PP 105-118 . In Sciences et motricité n°7.
- 30 - HOLMER(i), ASTRAND (PO) - Swimming training and maximal oxygen uptake. J. Appl physiol 33 : 510-513, 1972. In Mémoire Seydou Sano
- 31 - HOLMER (i)- physiology of swimmingman Acta physiol. Scand.suppl 407: 4-55, 1974A
- 32 - LAVOIE (J.M), LEGER(L.A), LEONE(M), PROVENCHER (P.J) - A maximal multistage swim test to determine the fonctional and maximal aérobic power of competitive swimmers. I. swimming Research, 1985, 1 , Pp 17-22. In Sciences et motricité n°7 1989.

33 - LAVOIE (JM) et coll- physiological effecte of training in elites swimmers by mesured by a free swimming test
J.Sports Med. phys.Fitness 21 (1): 38-42, 1981. In Memoire Seydou Sano

33 - LAVOIE (J.M), LEGER (L.A) évaluation de la puissance aérobie maximale en natation. revue Québécoise de l'activité physique, 1985, 13, PP 39-49.

34 - LEGER (L) LAVOIE (J.M) - La capacité aérobie . Revue Québécoise de l'activité physique, 1985, 3 , Pp 61-68

35 - LEONE (M), LAVOIE (J.P), LEGER (L.A), Monpetit (RR) - Evaluation de l'habileté technisue en natation: efficacité de nage. AFCAS (résumé des consommations) , 1983, 50, 223. In Science morticité n°7.

36 - LEONE (M), BONGBELE (J), LAVOIE (J.M) - retrospective et prospective de l'évaluation de la puissance aérobie maximale en natation. revue S.T.A.P.S , 1987, 8(15), Pp.5-16. In Sciences et motricité n°7

37 - MONPETIT (RR) , CAZORLA (G), LAVOIE(J.M) - Energy expenditure during front crawl swimming : a comparison between males and females . In : Ungerechts, Wilke, Reischle(EDS) Swimming Science V.Champaign (Illinois) : human kinetics publishers, I.S.S.S, 1988,18, PP.229-235. In Sciences et motricité n°7 1989

38 - Monpetit (RR), LAVOIE (J.M), CAZORLA (G) - Aérobie energy in international class and adolescent swimmers. In : Hollander; huiging, de Groot(Eds). Biomechanics and medecine in swimming. International series in sports Sciences . champaign 'Illinois) : human kinetics Publishers, 1983 ,14 Pp;228-239. In sciences et motricité.

39 - Mac Dougall (J.D), WENGER(SHA), GREEN (HJ) - Evaluation physiologique de l'athlète de haut niveau, DECARIE- VIGOT MACEK (M), VAVRA (J) - The ajustement of oxygen uptake at the onset of exercice : a comparaison between prepubertal boys and young adults . In J sport Med, 1980, 1, PP.70-72 . In Science et motricité

40 - MIRWALD (RL) et coll - size dissociation of maximal aérobie power during growrh in boys. In Pediatric work physiology. Medecine and sport, XI. (J) Broms et M. Hebbelinck (Eds) Basel : karger, 1978: 140-151.

41 - TREFFENE (R. J.) - SWIMMING performance test. A method of training and performance time selection. *Swimming technique*, 1979, 15, PP.

120 - 124. In *science et motricité n°7*.

42 - TREFFENE (R. J.), ALLOWAY (J), SHAW (J).

- Use of heart rates in the determination of Swimming efficiency - *Swimming Med*, IV.

Baltimore : Univ PARK PRESS, 1978,6, PP.132-136 In *Science et motricité n°7*.

44 - VAN HUSS, (K) CURETON - Relationships of a selected test with energy metabolism and swimming performanc. Reequart 26: 205-22, 1955. In *Memoire Seydou Sano*.