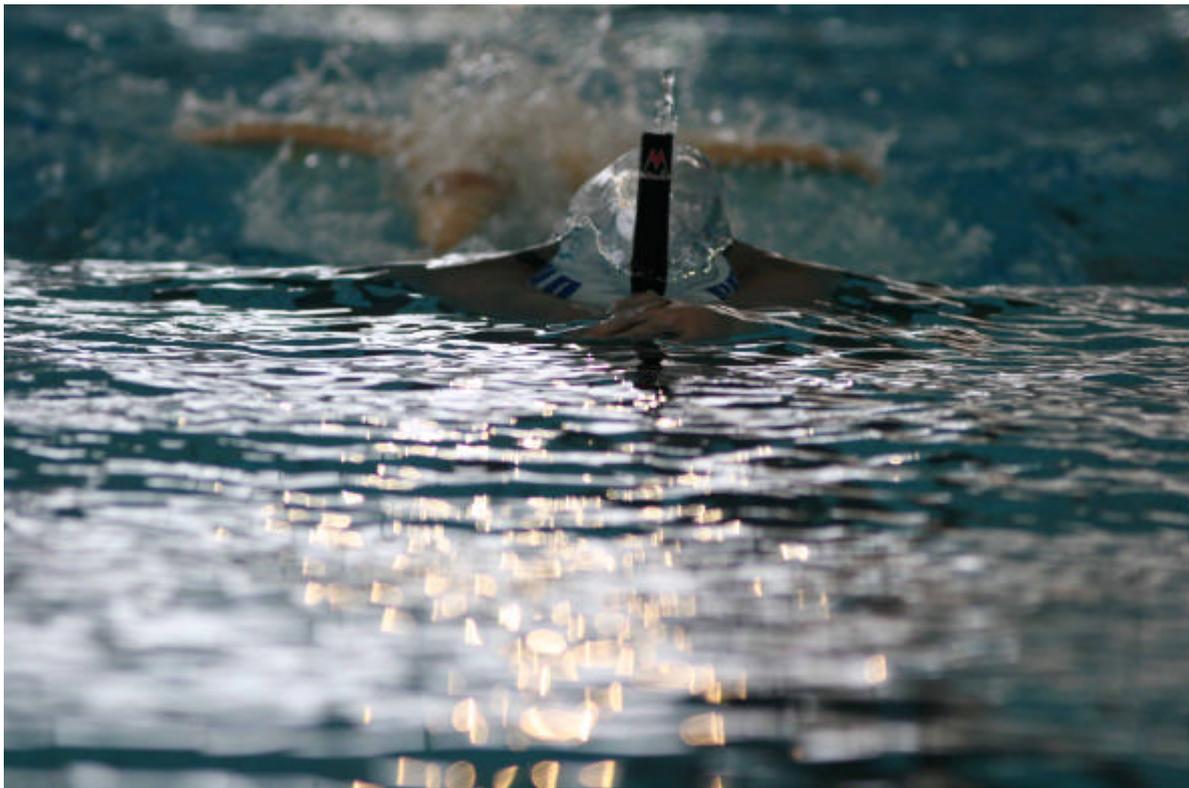


Mémoire d'Entraîneur Fédéral 2<sup>ième</sup> degré  
Soutenu par Typhaine RIOUX  
Le 19 mai 2007

**MESURES ET ESTIMATIONS  
DE LA VITESSE MAXIMALE AEROBIE  
CHEZ DES NAGEURS AVEC PALMES  
PAR TESTS MAXIMAL ET SUBMAXIMAL**



Responsable de formation et tuteur de stage : F.CASTEL

## REMERCIEMENTS

Avant de rentrer dans le vif du sujet, je tenais à remercier les personnes qui m'ont soutenues dans ma formation et dans l'élaboration de ce mémoire :

Frédéric CASTEL,  
André BONTOUX,  
Valérie MORIN.

Je voulais également remercier les nageurs qui ont accepté de participer à cette étude en « sacrifiant » 4 entraînements :

Sami ABDELKALEK  
Antoine AOUIDAD  
Sébastien BIDEAU  
Richard BONICHON  
Hugues BRIHAULT  
Nathanaëlle COURTOIS  
Frédéric FERTALA  
Florence MARGES  
Eric TRAVERSO

Enfin, je voulais aussi remercier mon mari, Pierre, qui m'a soutenue tout au long de cette formation.

## SOMMAIRE

Introduction	p.4
Revue de la littérature	p.5
Synthèse et Objectif	p.15
Méthodologie générale	p.16
Résultats	p.20
Discussion	p.28
Conclusion	p.33
Perspectives	p.34
Références bibliographiques	p.35
Annexe 1 : Echelle de BORG	p.37
Annexe 2 : Tableaux des résultats	p.38

## INTRODUCTION

L'entraînement sportif en général, tient compte en grande partie de l'aptitude aérobie du sportif quelque soit sa distance spécifique. Plus celle-ci est développée, meilleures seront ses performances et/ou récupérations. C'est aussi l'un des paramètres déterminants de la performance (25, 1997). Plus précisément, la performance sur des disciplines utilisant le métabolisme aérobie de manière prépondérante s'améliore avec l'entraînement dans la mesure où le sportif est capable de maintenir une vitesse élevée plus longtemps. Pour les distances utilisant les autres métabolismes (anaérobie alactique et lactique), le nageur va pouvoir assurer l'enchaînement des séries, demi-finales et finales en compétition en récupérant plus vite.

Pour calibrer le métabolisme aérobie sur le terrain dans les sports tels que la Natation, Course à pied ou Nage avec palmes, nous avons un paramètre de terrain prédominant à savoir la Vitesse Maximale Aérobie, notée V.M.A. qui se définit comme la vitesse sollicitant la consommation maximale d'oxygène par l'organisme, notée  $VO_2max$ . Cette dernière correspond à la capacité qu'a l'organisme à capter, transporter et utiliser l'oxygène pour fournir l'énergie nécessaire à la cellule musculaire. La Vitesse Maximale Aérobie d'un sportif est spécifique à sa discipline pratiquée ; on parle alors de VMA «peak ».

L'objectif de cette étude est la mise en place d'un test mesurant la Vitesse Maximale Aérobie «peak » des nageurs avec palmes selon un protocole simple et fiable. Cependant, ce type de protocole demande à ce dernier un effort maximal et par conséquent, l'entraîneur doit le placer de manière intelligente et judicieuse dans sa planification d'entraînement. Pour cette raison, nous avons poussé ce raisonnement plus loin en nous demandant s'il était possible d'extrapoler cette mesure de la Vitesse Maximale Aérobie à partir d'un test submaximal mesurant le Seuil Anaérobie en établissant par ainsi une corrélation entre ces mesures.

La première partie de cette étude consistera en l'analyse de toutes les caractéristiques scientifiques traitant de la technique de nage ainsi que de la physiologie du sport que nous devons connaître et dont nous avons dû tenir compte pour le bon déroulement de cette étude en nous référant aux articles publiés à travers la littérature scientifique internationale. La seconde partie montrera la manière dont se sont déroulés les différents protocoles ainsi que les résultats. Enfin, la troisième partie portera sur une discussion et une réflexion sur l'analyse de ces résultats.

# REVUE DE LA LITTÉRATURE

## SOMMAIRE

### **I. Caractéristiques de la Nage avec Palmes**

Introduction

1. Exigences techniques
2. Exigences physiologiques
3. Adaptation de l'organisme au milieu aquatique

### **II. Le Métabolisme Aérobie**

1. Au niveau des systèmes cardiorespiratoires
  - a. La Ventilation Pulmonaire
  - b. Le Transport d'Oxygène par le sang
  - c. Le Débit Cardiaque
  - d. La Ventilation Musculaire
2. La source énergétique aérobie

### **III. Mesures du Métabolisme Aérobie**

1. Méthodes de mesures en laboratoire : Consommation Maximale d'Oxygène
2. Méthodes de mesures sur le terrain en Nage avec palmes : Vitesse Maximale Aérobie
3. Méthodes de mesures sur le terrain en Nage avec palmes : Seuil Anaérobie

# I. CARACTERISTIQUES DE LA NAGE AVEC PALMES

## Introduction

C'est au cours des années 30 que le commandant français De Corlieu met au point des « additifs de sustentation et de vitesse » destinés à faciliter la tâche des maîtres nageurs sauveteurs. Ces futures palmes sont rapidement utilisées par les plongeurs pour leur efficacité à se déplacer sous l'eau. Durant la période hivernale, ces derniers se préparaient physiquement avec celles-ci en piscine ce qui a entraîné un esprit compétitif aboutissant à des compétitions de plus en plus réglementées. C'est à partir de ce moment que la Nage avec palmes se construit sur le plan fédéral.

Depuis, les pratiquants sont passés des bi-palmes aux monopalmes. Cette évolution matérielle a entraîné une évolution technique et une amélioration considérable des records. Depuis l'an 2000, nous sommes entrés dans l'ère des monopalmes à renforts sur les côtés, ainsi que des chaussons munis de cales sous les pieds changeant alors l'angle articulaire de la cheville. Cependant, aucune étude n'a été menée jusqu'à présent pour déterminer de manière scientifique l'effet de ces évolutions (ailettes ; cales...). Seule la constatation des progrès chronométriques réalisés par les nageurs et par ainsi, l'évolution des records de France, d'Europe et du Monde tendent à montrer un effet positif.

## 1. Exigences techniques

Par définition, la Nage avec palmes est une progression avec une monopalme ou deux palmes sur et sous l'eau d'un nageur n'utilisant que sa force musculaire sans autre équipement d'appui.

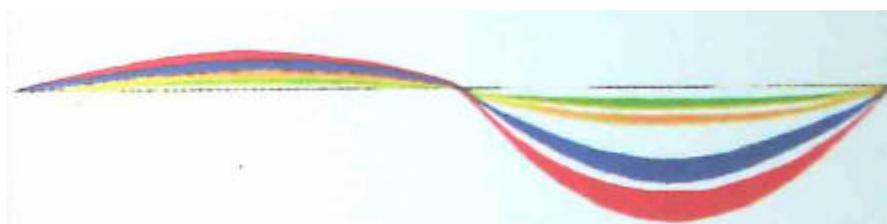
En piscine, le matériel utilisé conditionne le mode de nage qui, lui-même conditionne la technique de nage. Il existe 3 modes de nage différents :

- ? L'apnée (AP) : 50m
- ? La surface (SF) : 50m, 100m, 200m, 400m, 800m et 1500m
- ? L'immersion scaphandre (IS) : 100m, 400m et 800m

Dans la mesure où nous allons travailler sur un test en surface dans ce dossier, nous allons étudier la technique de nage en surface qui est réglementée de manière stricte par la Commission Nationale de Nage avec Palmes. En effet, le règlement stipule qu'entre les passages des points de repères des 15m placés aux deux extrémités de la piscine (entre les coulées), « à tout moment, une partie du corps doit être émergée par rapport à la surface de l'eau ; l'extrémité supérieure du tuba est considérée comme faisant partie du corps » (2.1.10 : Obligation des concurrents).

Selon BALY L. (1999) (5), Docteur en Biomécanique du Mouvement à l'Université de la Méditerranée, la Nage avec palmes est basée sur la propulsion au moyen d'une monopalme animée par un mouvement ondulatoire du corps. Cette ondulation s'initie au niveau du milieu des côtes et se prolonge jusqu'au bout de la palme en passant par les articulations telles que les hanches, genoux et chevilles (BALY et collaborateurs, 2001 (6)). A partir de cette description articulaire et globale du mouvement ondulatoire du train inférieur, on peut dire que la technique de nage se décompose en deux phases principales : la phase ascendante ou remontée de la palme et la phase descendante ou appui de la palme sur l'eau.

De la technique de nage en surface, on peut obtenir une sinusoïde :



On remarque que la sinusoïde est écrasée dans la partie supérieure à cause de la surface de l'eau qui limite l'amplitude. En effet, dans cette zone, il s'opère un rapprochement des différentes trajectoires alors que dans la partie inférieure, il y a une nette dissociation du train avant (tête - mains) et du train arrière (bassin - chevilles).

Les notions qui permettent de paramétrer la technique de nage sont l'amplitude et la fréquence de nage. L'amplitude doit être la plus grande possible. Cependant, une grande amplitude est liée à une faible fréquence de nage et, à l'inverse, plus la fréquence de nage est rapide, plus l'amplitude du mouvement est réduite. C'est ce que BALY et collaborateurs (2002) (7) ont démontré en concluant que les nageurs adaptaient et stabilisaient leur allure de nage en faisant varier les paramètres d'amplitude et de fréquence de nage en fonction des distances à parcourir.

## 2. Exigences physiologiques

Cette partie consiste en la comparaison des records de France (RF), d'Europe (RE) et du Monde (RM) masculins (décembre 2006) en surface avec le tableau de V.BILLAT (9), Docteur en Physiologie à l'Université de Lille 2, sur la classification des activités physiques en fonction de leur durée et de la puissance développée. Cette comparaison va nous permettre d'analyser les distances d'un point de vue énergétique par rapport à leurs records respectifs.

Distances	RF	RE & RM	Filières énergétiques prépondérantes
50m surface	17''35	15''68	Puissance Anaérobie Lactique (de 12 à 30'')
100m surface	38''05	35''59	Capacité Anaérobie Lactique (de 30 à 120'')
200m surface	1'27''44	1'23''21	Capacité Anaérobie Lactique (de 30 à 120'')
400m surface	3'12''92	3'02''84	Puissance Aérobie (de 2 à 6')
800m surface	6'45''83	6'25''61	Capacité Aérobie (de 6 à 20')
1500m surface	12'51''22	12'29''59	Capacité Aérobie (de 6 à 20')

Ce tableau nous permet donc de cibler la filière énergétique utilisée en fonction de chaque distance. Le sujet d'étude portant sur la Consommation Maximale d'Oxygène, nous allons analyser la source aérobie à son rendement maximal utilisé sur des distances telles que 400, 800 et 1500m surface.

### 3. Adaptations de l'organisme au milieu aquatique

Dans la mesure où nous sommes amenés à étudier le métabolisme aérobie chez des nageurs avec palmes, il est important de voir les modifications physiologiques engendrées par le milieu aquatique et par la position allongée.

L'étude de HOLMER et collaborateurs (1974) (15) montre que dans le milieu aquatique, la capacité respiratoire est réduite de 10%. En effet, l'immersion partielle du corps provoque une hypoventilation relative par la pression de l'eau exercée sur le thorax ce qui gêne la ventilation du nageur.

De plus, la position allongée entraîne une diminution de la fréquence cardiaque de 5 à 10 battements par minute (Mac ARDLE W.D. et collaborateurs, 1978 (20)) dû au retour sanguin veineux qui force beaucoup moins sans l'effet de la pesanteur.

## II. PARAMETRES DU METABOLISME AEROBIE : LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE : $VO_2max$

La Consommation Maximale d'Oxygène, notée  $VO_2max$ , est un concept développé pour la première fois par HILL A.V. en 1927 (14) qui remarque un plafonnement de la  $VO_2max$  au de-là d'une certaine vitesse ou puissance. De nos jours, elle est définie comme l'utilisation du système cardio-respiratoire et vasculaire à son rendement maximal (BILLAT V., 2000 (8)).

### 1. Au niveau du système cardiorespiratoire

Selon l'étude de LACOUR J.R. et FLANDROIS R. (17), Docteurs en Physiologie, respectivement aux Universités de Saint-Étienne et de Lyon 1 (1977), on peut caractériser le système cardio-respiratoire lors d'un exercice par 4 processus que nous allons développer ci-dessous:

- ? La Ventilation Pulmonaire ;
- ? Le Transport de l'Oxygène ;
- ? Le Débit Cardiaque, noté DC ;
- ? La Ventilation Musculaire.

#### *a. La Ventilation Pulmonaire : Echanges gazeux pulmonaires*

L'oxygène commence son parcours à partir des voies respiratoires (nez – bouche – trachée) jusqu'aux alvéoles. Au niveau des alvéoles, c'est par des systèmes de pression - diffusion que l'oxygène va passer dans les capillaires sanguins à travers la membrane alvéolo-capillaire. Plus précisément, la paroi de l'alvéole est sans arrêt « bombardée » par les molécules d'oxygène de l'air alvéolaire. La poussée qu'elles exercent constitue la pression de l'oxygène ( $PO_2$ ). Ce dernier diffuse des pressions élevées (air alvéolaire) vers des pressions plus faibles (quantité faible d'oxygène dans le sang) jusqu'à ce que ces deux pressions s'équilibrent.

La Ventilation Pulmonaire est fonction de la fréquence cardiaque et respiratoire et donc, de l'intensité de l'exercice aérobie. En effet, plus l'exercice va être intense et plus la demande en oxygène par l'organisme va être importante pour fournir l'énergie nécessaire aux cellules musculaires.

### ***b. Le Transport de l'Oxygène***

Une fois dans le sang, l'oxygène va venir se fixer sur les globules rouges. Ces derniers contiennent de l'hémoglobine permettant le transport de l'oxygène. L'hémoglobine se combine à l'oxygène de manière réversible grâce à ses quatre atomes de fer pour former l'oxyhémoglobine et le transporter vers les tissus, organes... Là, cette union hémoglobine (fer) –oxygène va s'inverser et l'oxygène va être libéré pour diffuser dans le liquide interstitiel jusqu'aux cellules.

Avec l'entraînement aérobie, il y a une augmentation de la concentration sanguine en hémoglobine (9) d'où une augmentation du transport de l'oxygène.

### ***c. Le Débit Cardiaque : DC***

L'oxygène transporté arrive dans le cœur pour y être renvoyé vers les muscles. Le cœur agit alors comme une pompe et son débit est régi par la formule:

$$DC = FC \times V_s$$

DC : Débit Cardiaque exprimé en millilitres par minute : ml/min

FC : Fréquence Cardiaque exprimée en battements par min : bpm

Vs : Volume systolique (= volume de sang contenu dans le cœur) exprimé en millilitres : ml

L'application de cette formule nous montre que lorsque la fréquence cardiaque est à son maximum, le débit cardiaque est automatiquement à son maximum. Le sujet a alors atteint sa Consommation Maximale d'Oxygène.

En outre, il est important de savoir que le débit cardiaque augmente avec l'entraînement aérobie, car le volume éjection systolique du cœur augmente. Du coup, le temps de remplissage systolique augmente aussi. C'est pourquoi la fréquence cardiaque au repos diminue, d'où une meilleure récupération (9).

### ***d. La Ventilation Musculaire***

Lorsque l'oxygène transporté par voie sanguine arrive au niveau du muscle, il est capté par la cellule musculaire qui va le consommer pour fournir l'énergie. Puis, une fois consommé, il ressort de la cellule musculaire majoritairement sous forme de dioxyde de carbone, noté CO<sub>2</sub>.

Lors d'un exercice maximal, l'augmentation de la température corporelle, de l'acidité sanguine et la présence de dioxyde de carbone provoquent une libération plus rapide de l'oxygène fixé sur l'hémoglobine au niveau de la cellule musculaire. C'est l'effet de BOHR. Cependant, les études de LINDSTEDT et collaborateurs (1988) (19) et de RICHE D. (2000) (23) montrent que l'oxygène est capté à 90% au maximum par la cellule musculaire. Ceci sous-entend que les poumons et le cœur ont une capacité à transporter et échanger l'oxygène supérieure à ce que le muscle peut consommer.

L'oxygène va être capté par les mitochondries et c'est à ce moment que le processus de fourniture d'énergie du système aérobie se met en place.

## 2. La Source énergétique Aérobie

Toujours d'après LACOUR J.R et FLANDROIS R. (17), lors d'un exercice sollicitant la Consommation Maximale d'Oxygène, la source énergétique aérobie se met en place dès le début d'exercice mais atteint son rendement maximal au bout de 2 à 3 minutes. Cela s'explique par l'inertie des adaptations circulatoires et ventilatoires que nous venons de voir.

En effet, dès le début d'exercice et ce, quelque soit l'intensité, c'est la filière anaérobie alactique qui est prépondérante car le substrat utilisé dans la synthèse d'ATP (adénosine triphosphate), à savoir le phosphagène, est directement présent dans la cellule musculaire. Ce substrat délivre une grande quantité d'énergie instantanément mais ses réserves s'épuisent vite (inférieur à 10-20 secondes selon le niveau d'entraînement et la spécialité de l'individu). C'est à ce moment que la filière anaérobie lactique atteint son rendement maximal en dégradant du glycogène également présent dans la cellule mais aussi apporté par le sang (glycolyse). Enfin, la troisième filière, à savoir l'aérobie, devient alors prépondérante. Son temps d'atteinte à son rendement maximal dépend du temps dont l'oxygène va être utilisé dans la resynthèse d'ATP à partir du glucose, puis des lipides. Avec l'entraînement aérobie, ce temps d'inertie diminue : c'est ce qu'on appelle le conditionnement musculaire de la voie aérobie.

### Que se passe-t-il précisément ?

L'arrivée de l'oxygène dans la cellule musculaire va prolonger la glycolyse en permettant la mise en place du cycle de Krebs. En effet, le glycogène musculaire va être dégradé en molécules de glucose au sein de la cellule musculaire qui vont, elles-mêmes, être dégradées en acide pyruvique. Celui-ci passe dans la mitochondrie pour devenir de l'acétyl co-enzyme A (acétyl coA). Associé à la présence de l'oxygène, le cycle de Krebs se met en place pour fournir 38 ATP par molécule de glycogène mais en rejetant du gaz carbonique et de l'acide lactique. Cet acide lactique va être oxydé en partie à l'intérieur même de la cellule musculaire, ce qui aboutira à la formation d'un ATP supplémentaire. Par conséquent, pour la dégradation d'une molécule de glycogène, nous avons en tout 39 ATP de formés.

Lorsque l'intensité d'un exercice est submaximale, correspondant à 85-90% de la Consommation Maximale d'Oxygène, et que cet exercice se prolonge, la production de lactate va être « neutralisée » à 3-4mmol de lactate.litre de sang<sup>-1</sup>. Cet acide lactique formé va, en effet, être utilisé dans la fourniture d'énergie. Ce sont les navettes du lactate. Ci-dessus, nous avons déjà vu que par l'oxydation d'une partie du lactate produit, cela aboutit à un ATP supplémentaire. Une autre partie de l'acide produit va être utilisée comme substrat par le cœur et enfin, une dernière partie va directement aller dans le foie où il va être resynthétisé en glycogène, puis stocké. C'est le cycle de CORI.

Lorsque l'intensité d'exercice est maximale, correspondant à 100% de la Consommation Maximale d'Oxygène, et que cet exercice se prolonge (au de-là de 3 minutes pour un non entraîné ou de 8 minutes pour un sujet très entraîné selon ASTRANG P.O. et RODHAL K. (1986) (3), l'arrivée massive du glucose et de l'oxygène dans la cellule musculaire provoque une saturation du cycle de Krebs ce qui entraîne une oxydation de l'acide pyruvique en acide lactique (concentration de lactate supérieure à 12-13 mmol) d'où une acidose musculaire (= chute du pH dans le milieu d'où une acidité provoquant une détérioration de la technique puis, l'arrêt de l'exercice par le sportif lui-même).

### III MESURES DES PARAMETRES DU METABOLISME AEROBIE

#### 1. Méthode de mesures en laboratoire : Consommation Maximale d'Oxygène

La mesure de celle-ci ne peut se faire qu'en laboratoire car le matériel utilisé nécessite la présence de médecins mais, seuls quelques laboratoires au monde possèdent un bassin ergonomique. Par conséquent, la mesure de la  $VO_2$ max des nageurs en laboratoire se fait le plus souvent de manière indirecte : sur ergo cycle ou sur tapis roulant. Or, cette estimation de la Consommation Maximale d'Oxygène ne peut qu'être erronée dans la mesure où plusieurs études démontrent que la  $VO_2$ max est spécifique à la discipline pratiquée. En effet, les études de ASTRANG (1963) (2); de HOMER (1974) (15) et de COSTILL D.L. (1978) (12) s'accordent à dire que la Consommation Maximale d'Oxygène est diminuée de 6 à 8% quand les nageurs passent de l'ergo cycle ou la course à pied à la natation. Ceci s'explique par le fait que le rendement du ou des groupes musculaires sollicités sur l'ergo cycle ou le tapis roulant ne sont pas forcément sollicités habituellement dans la discipline spécifique et donc, leur rendement ne sera pas aussi optimal que le ou les groupes musculaires entraînés quotidiennement. C'est concept de  $VO_2$  max « peak ».

De plus, cette mesure réalisée en laboratoire peut se faire de différentes manières en ce sens qu'il existe des tests progressifs (triangulaires) ou à vitesses constantes (rectangulaires). Pour les premiers, il s'agit pour le sportif de courir ou de pédaler avec une vitesse ou une puissance croissante par palier au fur et à mesure du test. Pour les seconds, la vitesse ou puissance est constante. Pour ces deux types de tests qui peuvent être aussi continus ou discontinus, la durée totale est au maximum équivalente à 10 min. Le tableau ci-dessous liste des différents types de protocoles existant en laboratoire :

	<b>Description générale</b>
<b>Test discontinu à vit. Progressive</b> ou <b>Test triangulaire intermittent</b>	Faire courir ou pédaler un sujet en incrémentant la vitesse ou puissance toutes les 1 à 2 minutes jusqu'à l'épuisement du sujet (l'incréméntation correspond à 2 à 3 bpm) avec une récupération de 30''
<b>Test discontinu à vit. Constante</b> ou <b>Test rectangulaire intermittent</b>	Faire courir ou pédaler un sujet à des paliers de 1 à 2 minutes à vitesse ou puissance constante jusqu'à l'épuisement du sujet avec une récupération de 30''
<b>Test continu à vit. Progressive</b> ou <b>Test triangulaire continu</b>	Faire courir ou pédaler un sujet en incrémentant la vitesse ou puissance toutes les 1 à 2 minutes jusqu'à l'épuisement du sujet (l'incréméntation correspond à 2 à 3 bpm)
<b>Test continu à vit. Constante</b> ou <b>Test rectangulaire continu</b>	Faire courir ou pédaler un sujet à vitesse ou puissance constante jusqu'à l'épuisement du sujet

Il est important de savoir que pour chacun de ces protocoles, les sujets ont 20min pour s'échauffer ; que la vitesse ou puissance de départ est calculée en fonction du niveau du sujet et que pour les protocoles à vitesse constante, le sujet a 30'' en moyenne pour « monter » jusqu'à la vitesse ou puissance à développer.

En laboratoire et quelque soit le type de protocole utilisé, il existe cinq critères d'atteinte de la Consommation Maximale d'Oxygène selon EDWARD T., Docteur en Physiologie de l'Entraînement à l'Université du Tennessee, et collaborateurs (1995) (13) :

- ? Fréquence Cardiaque (FC) proche du maximum théorique d'après ASTRANG et collaborateurs (1954) (4) soit 220- Age du sujet;
- ? Quotient Respiratoire ( $VCO_2 / VO_2$ ) supérieur à 1,1;
- ? Plateau de FC et de  $VO_2$  ;
- ? Taux de Lactates entre 8 et 9 mmol ;
- ? Epuisement du sujet (arrêt du test et/ou vomissements).

A partir du moment où le sujet remplit 3 des 5 critères, on considère qu'il a atteint sa Consommation Maximale d'Oxygène.

La  $VO_{2max}$  se s'exprime de manière absolue en ml/min ou bien de manière relative en ml/min/kg de masse maigre. Cette dernière permet la comparaison des individus entre différentes disciplines.

### **Intérêt de la Consommation Maximale d'oxygène :**

La Consommation Maximale d'Oxygène est le reflet du métabolisme aérobie à son rendement maximal.

Pour l'entraîneur, connaître la valeur de la Consommation Maximale d'Oxygène d'un sportif permet de juger son niveau d'entraînement. Mais, c'est une mesure qui n'aboutit pas à une valeur concrète en terme de vocabulaire d'entraînement, c'est pourquoi il est plus intéressant en tant qu'entraîneur de l'associer à une valeur de vitesse, autrement dit à la Vitesse Maximale Aérobie.

## **2. Méthodes de mesure sur le terrain en Nage avec palme : Vitesse Maximale Aérobie**

Sur le terrain, la mesure du système aérobie à son maximum soit à  $VO_{2max}$  en laboratoire se traduit par la Vitesse Maximale Aérobie. Selon BILLAT V. (2000) (8), la Vitesse Maximale Aérobie est, par définition, la plus petite vitesse qui sollicite la Consommation Maximale d'Oxygène, ou autrement dit, qui sollicite les systèmes cardio-vasculaires et respiratoires à leurs débits maximaux car à 105%, le sujet les sollicite toujours à leurs rendements maximaux.

Dans une piscine, les entraîneurs ne disposent pas du même matériel de mesures qu'en laboratoire : analyseur d'air, du taux de lactates...dont le coût est très élevé. Par conséquent, la mesure de la Consommation Maximale d'Oxygène ne peut se faire que de manière interpolée : croisement de la fréquence cardiaque avec la performance, soit les temps réalisés durant le test et les critères sont :

- ? FC proche du maximum théorique. Proche car LACOUR et FLANDROIS (17), suggèrent que la fréquence cardiaque doit être au moins supérieure à 90% et Mac ARDDLE W.D. et collaborateurs (1978) (20) suggèrent qu'il faut ôter 5 à 10 bpm (cf. : I.3) ;
- ? Plateau de FC (13).

En Nage avec palmes, il est très difficile d'imposer une allure de nage à un nageur autrement que par un lièvre visuel et/ou sonore. En effet, C.GUILLERM, professeur de sport à l'université de Brest (1995) avait tenté de transposer le test VAMEVAL de LEGER-BOUCHER, Docteurs en Physiologie à l'Université de Montréal (1980) (18) par paliers à

intensité progressive à l'aide de lièvres sonores et visuels, l'appelant ainsi le PALMEVAL. Mais, la nécessité du matériel pour réaliser ce test (amplificateur avec baffles sous-marines, plots au fond...) n'a pas motivé les entraîneurs à le mettre en place dans leur club et pour les nageurs, entendre un bip sonore avec le bruit de l'écoulement de l'eau s'averrait assez difficile.

Puis, en 1998, MACE J., diplômé d'Etudes Approfondies en Physiologie met en place un test plus pratique, plus simple et sans nécessité de matériel autre qu'un chronomètre et un cardio-fréquencemètre. Plus précisément, c'est un test intermittent à vitesse constante mais gérée par le nageur lui-même : 7X100m surface avec une récupération de 10''. Ce test se base sur l'étude d'ASTRANG et collaborateurs (1960) (1) préconisant un travail à intensité maximale durant 60'' mais avec une récupération de 30'' pour atteindre la Consommation Maximale d'Oxygène du sujet. D'où la première limite du test 7X100m R10'' à savoir la récupération qui est trop courte pour ce type de test car cela provoque une acidose musculaire vraiment rapide. En plus, le nombre de répétitions est assez élevé ; donc, l'entraîneur doit ôter le meilleur et le moins bon temps réalisés par le nageur. Enfin, il fallait également pour l'entraîneur calculer la moyenne des temps réalisés par le nageur ce qui semble peu pertinent selon l'étude de PHLIPART P. (2005) (22).

### **Intérêt de la Vitesse Maximale Aérobie**

Selon BILLAT V. (2000) (8), la Vitesse Maximale Aérobie constitue une vitesse cible pour l'entraînement d'un sportif puisque c'est à partir de sa mesure que l'entraîneur va pouvoir calculer les différentes zones d'intensité de travail.

Plus précisément, la connaissance de la Vitesse Maximale Aérobie par l'entraîneur et/ou le sportif permet de :

- ? Planifier les objectifs de progression sur la saison ;
- ? Paramétrer les séances d'entraînement en terme d'intensité en créant des zones d'allures;
- ? Suivi de la planification d'entraînement ;
- ? Vérifier si les consignes d'allures sont respectées grâce au chronomètre et à la fréquence cardiaque car à chaque allure de nage, un pourcentage de la fréquence cardiaque y est associée.

### **3. Méthode de mesure du Seuil Anaérobie**

Sur le terrain, la mesure du système Aérobie à intensité submaximale, c'est-à-dire à intensité en dessous de la Vitesse Maximale Aérobie, se traduit par la mesure du Seuil Anaérobie. Selon SVEDAHL K. et MACINTOSH B.R. (2003) (24), le Seuil Anaérobie est par définition, l'intensité maximale maintenue sans que la concentration en acide lactique ne parvienne à s'accumuler dans le sang et où l'énergie provient exclusivement du métabolisme aérobie. Autrement dit, à défaut d'avoir une accumulation lactique, on considère que le travail est en aérobie. En plus, selon MONOD et collaborateurs (1987) (21), ce type de travail peut se maintenir jusqu'à 30 minutes.

Pour le mesurer sur le terrain, le test de CONCONI a été adapté en 1987 par MONOD et collaborateurs (21) pour la Natation. Il s'agit de faire nager de manière régulière un 8X200m crawl, récupération 30 secondes aux nageurs en mesurant la fréquence cardiaque et prenant des mesures de lactatémie à la fin de chaque 200m afin d'associer une fréquence

cardiaque à la vitesse maintenue, soit au Seuil Anaérobie. Cette étude a montré que la fréquence cardiaque associée au Seuil Anaérobie est entre 88 et 93% de son maximal théorique.

En Nage avec palmes, on utilise un test sur 2000m, dérivé d'un test russe et adapté par Michel POU qui a fait ses preuves pour la mesure du Seuil Anaérobie avec comme critère la fréquence cardiaque qui doit être à 90% de son « maximum aquatique ».

### **Intérêt du Seuil Anaérobie :**

Pour les disciplines sollicitant de manière prépondérante le système aérobie, le Seuil Anaérobie est utilisé pour prédire le rendement en obtenant une haute fiabilité dans des spécialités bien concrètes telles que le Marathon, les épreuves de Natation, Cyclisme... SVEDAHL K et MACINTOSH B.R. (2003) (24) précisent d'ailleurs que beaucoup d'études montrent l'importance de la quantification de l'intensité d'exercice au Seuil Anaérobie. En effet, lorsque l'on entraîne un sportif au Seuil Anaérobie, on développe la glycolyse anaérobie, soit l'élimination du lactate puisqu'il s'agit pour l'organisme d'oxyder, d'utiliser ou de resynthétiser le lactate afin de conserver une concentration en lactate inférieure ou égale à 3-4 mmol lactate.litre de sang<sup>-1</sup> ; c'est l'équilibre de la production et la resynthétisation du lactate (21).

## **SYNTHESE ET OBJECTIF**

A travers la revue de la littérature, nous avons vu que le potentiel aérobie et notamment la Consommation Maximale d'Oxygène d'un sportif conditionne sa performance (8 ; 9 ; 17 ; 22 et 25). Mais, nous avons vu aussi que la mesure de ce concept est spécifique à la discipline pratiquée par le sportif. D'où la nécessité pour les entraîneurs de pouvoir la quantifier sur le terrain à l'aide de la Vitesse Maximale Aérobie qui en est la vitesse associée à l'aide d'un protocole simple et fiable.

En Nage avec palmes, nous avons vu qu'un test a été mis en place par J.MACE à savoir le 7X100m surface avec une récupération de 10''. Ce test est un bon outil pour les entraîneurs en général mais nous nous sommes aperçus de ses limites (cf: III, 2). Par conséquent, il faut jouer l'un des deux paramètres que l'on a, à savoir : le nombre de répétitions ou la récupération. Nous nous sommes donc questionnés sur la nécessité réelle de réaliser 7 répétitions au nageur : n'a-t-il pas déjà atteint sa Vitesse Maximale Aérobie au bout de la troisième, quatrième ou cinquième répétition ?, la récupération est-elle suffisante ? Ou encore, est-il vraiment nécessaire de réaliser un test maximal entraînant des traumatismes physiologiques telle que l'acidose lactique musculaire pour mesurer la Vitesse Maximale Aérobie ou peut-on l'estimer à partir d'un test submaximal tel que celui du Seuil Anaérobie ?

Tant de questions que nous nous sommes posés, constituant la problématique de cette étude à laquelle nous allons tenter de répondre le plus précisément possible.

# **METHODOLOGIE**

## **SOMMAIRE**

### **I. Présentation des sujets**

### **II. Schèmes expérimentaux**

1. Déroulement des protocoles
2. Test de 5 /6 /7 X100m surface, récupération 20''
3. Test de 2000m surface

### **III. Variables mesurées et Méthodes de mesures**

1. Fréquence Cardiaque
2. Temps chronométriques
3. Perception d'effort ou d'intensité de l'exercice

## **I. PRESENTATION DES SUJETS**

Les sujets étaient au nombre de 9 et de niveau national (piscine et/ou Longue Distance). Nous leur avons demandé de remplir une fiche de renseignements comportant : sexe ; date de naissance ; leurs temps de pratique ; leur niveau et leur meilleurs temps de l'année sur 400m et 800m surface, distances entre lesquelles se trouvent la valeur de la Vitesse Maximale Aérobie selon l'article de ASTRANG et collaborateurs (1986) (3).

## **II. SCHEMES EXPERIMENTAUX**

### **1. Déroulement des protocoles**

Selon BILLAT V. (8), la conduite d'un protocole d'épreuve de type maximal passe forcément par une mise en place rigoureuse de manière à ce qu'elle soit reproductible par tout le monde. C'est pourquoi le protocole doit être précis et clair.

Cette étude porte sur la comparaison de trois tests maximaux différents à savoir les 5 / 6 / 7X100m surface R20'' (nous allons justifier dans la partie « Discussion » le choix de ces protocoles). Un sujet met en moyenne une semaine à récupérer totalement d'un test comme ceux que l'on a mis en place. Cela ne veut pas dire qu'il ne nage plus mais que l'on a diminué le volume et l'intensité pour cette période. Donc, pendant 4 semaines, les sujets sont venus les mardis soirs entre 20h et 22h et sont passés les uns après les autres dans le même ordre. Il leur était demandé d'avoir, dans la mesure du possible, la même activité (professionnelle, déplacement, sommeil, repas) chaque mardi. De plus, dans les deux heures précédant le test, il leur était demandé d'éviter toute activité intense, de fumer, et le dernier repas devait être pris plusieurs heures auparavant. En outre, pour une réalisation correcte des épreuves, les sujets doivent se sentir et être indemne de toute infection. Enfin, lorsqu'une épreuve se déroule en dehors d'un environnement médical, on ne demande aux sujets que peu d'informations sur sa santé (problèmes cardiaques notamment car les sujets vont pousser leur organisme au maximum). Mais les risques encourus sont à peu près négligeables selon l'étude de JONSSON (1981) (16).

### **2. Tests de 5 / 6 / 7 X100m surface, récupération 20''**

Comme nous l'avons vu dans la revue de la littérature, ce test ne demande pas de mise en place matérielle particulière car il a été créé dans le but d'être utilisé par tous. Par contre, il est nécessaire de expliquer précisément le protocole aux pratiquants pour les mettre en confiance ; pour qu'ils n'aient pas de surprise lors de sa réalisation ce qui pourrait provoquer les mesures erronées telle que l'augmentation de la fréquence cardiaque dû à un stress quelconque :

« Vous allez réaliser un test d'effort maximal pour mesurer votre Vitesse Maximale Aérobie, du type : 5 / 6 / 7 X100m surface R20''. Il faut vous donner à fond pour réaliser les meilleurs temps possibles sur 100m. Une fois que vous serez prêt et dans l'eau, je vous demanderai de déclencher le chronomètre du polar et par conséquent, l'enregistrement de vos pulsations. Puis, je vous lancerai pour le premier 100m 10 secondes après. Durant les 20 secondes de récupération, quelqu'un regardera la montre-polar pour me donner vos pulses. Vous ne vous en occupez pas. Il se peut qu'à la fin du test, vous ne vous sentiez pas bien voire même que

vous vomissiez, c'est normal. A l'arrivée du test, je vous demanderai de vous asseoir sur le bord du bassin et de ne plus bouger, ni même de retirer la palme, sinon, la mesure de la fréquence cardiaque de récupération va être faussée.».

Suite à cette explication, les nageurs avaient 20min d'échauffement personnel pour se préparer à cet effort maximal. Les nageurs étant confirmés, on a pu leur demander un échauffement personnel pour qu'ils se sentent en « forme » optimale. Bien sûr, si un entraîneur veut mettre ce type de test en place avec des nageurs non-confirmés et qu'il les connaît, il leur donnera un échauffement type.

## **2. Test 2000m surface**

Ce test ne demande aucune mise en place matérielle également si ce n'est qu'en plus des protocoles précédents, il faut avoir à disposition une planche pour indiquer le dernier 100m au nageur. Mais, leur point commun est qu'il faut tout de même expliquer le protocole aux nageurs :

« Vous allez réaliser un 2000m surface à très bonne allure en étant le plus régulier possible par 100m. Une fois que vous serez prêt et dans l'eau, je vous demanderai de déclencher le chronomètre du polar et par conséquent, l'enregistrement de vos pulsations. Puis, je vous lancerai pour le 2000m 10 secondes après. Pensez à relancer durant votre test. Je vous placerai une planche pour vous indiquer le dernier 100m. A l'arrivée, je vous demande de vous asseoir sur le bord du bassin et de ne plus bouger, ni même retirer la palme, sinon, la mesure de la fréquence cardiaque de récupération va être erronée.».

Même chose que pour les protocoles précédents, les sujets avaient également 20min d'échauffement personnel pour se préparer à cet effort.

### **III. VARIABLES MESUREES ET METHODES DE MESURES**

#### **1. Fréquence Cardiaque**

La prise de renseignements sur les sujets avant les tests permet notamment de calculer la fréquence cardiaque maximale théorique à l'aide de leur âge : 220 moins l'âge du sujet. A l'aide de la revue de la littérature, nous nous sommes basés sur une fréquence cardiaque maximale théorique à 220 moins l'âge du sujet moins 5 à 12 bpm mesurée toutes les cinq secondes à l'aide d'un cardio fréquence mètre du type POLAR S610.

Enfin, à la fin de chaque épreuve, leur fréquence cardiaque était également relevée toutes les minutes pendant 5 min afin de voir la cinétique de la récupération des sujets selon le test effectué.

#### **2. Temps chronométriques**

Chaque temps de passage (100m pour les tests discontinus et 100m pour le test continu) a été mesuré à l'aide de deux chronomètres du type GEONAUTE TrT'L 700. La récupération était aussi précisément chronométrée à partir d'un troisième chronomètre du même type.

#### **3. Perception d'effort ou d'intensité d'exercice**

Il est intéressant d'interroger le sujet à la fin de chaque épreuve sur sa perception subjective de l'intensité de l'exercice selon BILLAT V., 1994 (10). Pour ce faire, BORG (1987) (11) a proposé une graduation comportant 5 niveaux échelonnés entre 1 et 20 de très facile à très difficile (cf. Annexe 1). Même s'il existe des exceptions, dans de nombreuses situations, la fréquence cardiaque reflète bien la charge physique ressentie subjectivement même si elle varie individuellement pour une note donnée. De plus, avec l'entraînement, la diminution de la fréquence cardiaque pour un même effort s'accompagne également d'une diminution de l'intensité perçue de l'exercice.

Suite aux différents tests, nous avons dû expliquer aux sujets le « mode d'emploi » de cette fiche à remplir :

« Vous allez remplir une échelle notée de 6 à 20 sur votre perception de l'intensité d'exercice, si vous l'avez trouvé plus ou moins difficile ».

# **RESULTATS**

(Exprimés en moyenne des résultats)  
(Pour les résultats complets, cf. Annexe 2)

## **SOMMAIRE**

### **I. Renseignements pris sur les sujets**

1. Détermination de la fréquence cardiaque maximale théorique
2. Meilleures performances réalisées sur 400m et 800m surface

### **II. Détermination de la Vitesse Maximale Aérobie Test 5X100m surface, récupération 20''**

1. Evolution chronométrique
2. Evolution de la Fréquence Cardiaque

### **III. Détermination de la Vitesse Maximale Aérobie Test 6X100m surface, récupération 20''**

1. Evolution chronométrique
2. Evolution de la Fréquence Cardiaque

### **IV. Détermination de la Vitesse Maximale Aérobie Test 7X100m surface, récupération 20''**

1. Evolution chronométrique
2. Evolution de la Fréquence Cardiaque

### **V. Détermination du Seuil Anaérobie Résultats du 2000m surface**

1. Evolution chronométrique
2. Evolution de la Fréquence Cardiaque

### **VI. Résultats de la perception de l'effort**

1. Résultats suite aux 5X100m surface R20''
2. Résultats suite aux 6X100m surface R20''
3. Résultats suite aux 7X100m surface R20''
4. Résultats suite aux 2000m surface

## I. RENSEIGNEMENTS PRIS SUR LES SUJETS

Au regard des résultats des renseignements sur les sujets, on remarque que nous avons à faire à une population relativement homogène, aussi bien dans l'âge, dans la spécialité que dans la durée de pratique.

### 1. Détermination de la Fréquence cardiaque maximale théorique

Nos neuf sujets ont un âge moyen de 29,3 ans ce qui permet de calculer de manière brute leur fréquence cardiaque maximale théorique moyenne, puis l'on retire les 5 à 10 bpm d'après l'étude de MC ARDDLE W.D. et collaborateurs (1978) (20):

$$220 - 29,3 = 190,7 \text{ bpm} - 5 \text{ à } 10 = \mathbf{180,7 \text{ bpm} = FC \text{ max} = 185,7 \text{ bpm}}$$

### 2. Meilleures performances réalisées sur 400m et 800m surface

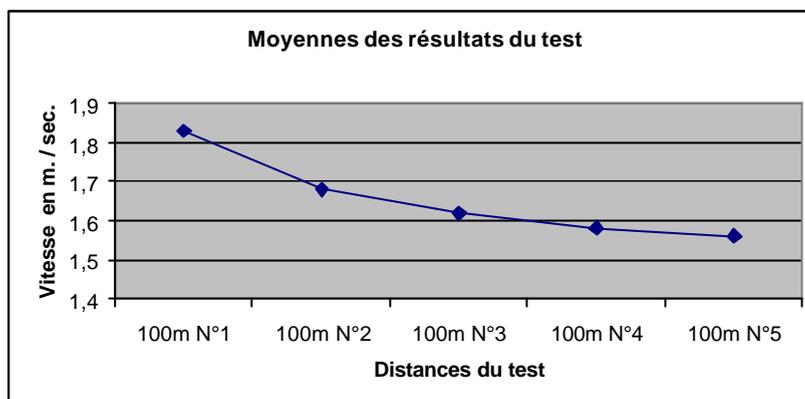
Les moyennes des meilleurs temps au 400 et 800m surface de nos sujets se trouvent dans le tableau ci-dessous :

	<b>400m surface</b>	<b>800m surface</b>
<b>Temps</b>	4'11"89	8'39"78
<b>Moyenne sur 100m</b>	1'02"97	1'04"97
<b>Vitesse en m.s<sup>-1</sup></b>	1,59	1,54

## II. DETERMINATION DE LA VITESSE MAXIMALE AEROBIE 5X100m surface, récupération 20''

### 1. Evolution chronométrique moyenne

	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5
<b>Temps en sec.</b>	54''61	59''59	61''78	63''40	64''19
<b>Temps en m.s<sup>-1</sup></b>	1,83	1,68	1,62	1,58	1,56

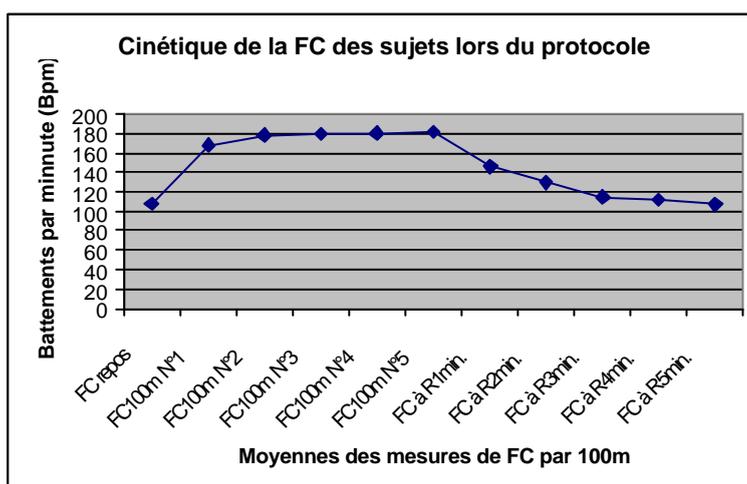


On remarque que les valeurs moyennes de la Vitesse Maximale Aérobie diminuent au fur et à mesure du test de manière quasi linéaire car les sujets ont eu tendance à partir vite au premier 100m.

### 2. Evolution de la moyenne de la FC (repos, test et récupération)

	FC repos	FC100m N°1	FC100m N°2	FC100m N°3	FC100m N°4	FC100m N°5
<b>Batt. /min.</b>	107,66	167,22	178,22	179,44	180,77	181,55

FC à l'arrivée du test	FC à R1min.	FC à R2min.	FC à R3min.	FC à R4min.	FC à R5min.
181,55	146,55	129	114,55	111,88	107,33



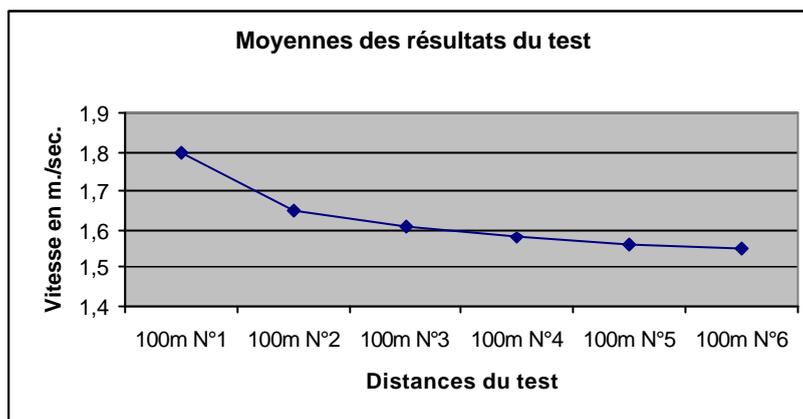
On remarque une augmentation nette de la fréquence cardiaque dès le début d'exercice jusqu'à l'atteinte de son maximum au 4<sup>ième</sup> 100m, suivie d'un plateau jusqu'à l'arrêt de l'exercice. Puis, lors des 5 minutes de récupération, la fréquence cardiaque diminue de manière linéaire.

### III. DETERMINATION DE LA VITESSE MAXIMALE AEROBIE

#### Test 6X100m surface, récupération 20''

#### 1. Evolution chronométrique moyenne

	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	100m N°6
Temps en sec.	55''46	60''43	62''29	63''37	64''02	64''36
Temps en m.s <sup>-1</sup>	1,80	1,65	1,61	1,58	1,56	1,55

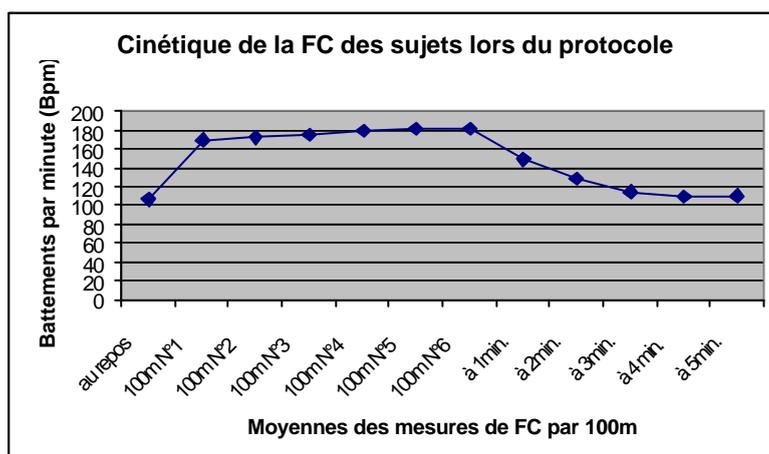


A ce test aussi, nous remarquons que les valeurs moyennes de la Vitesse Maximale Aérobie diminuent au fur et à mesure du test mais avec une cassure plus prononcée entre le premier 100m et le second.

#### 2. Evolution des moyennes de FC (repos, test et récupération)

	FC repos	FC100m N°1	FC100m N°2	FC100m N°3	FC100m N°4	FC100m N°5	FC100m N°6
Bpm	106,44	169,66	172,11	175,77	180	181,77	181,22

FC à l'arrivée du test	FC à R1min.	FC à R2min.	FC à R3min.	FC à R4min.	FC à R5min.
181,22	149,11	128,55	115	111	109,77



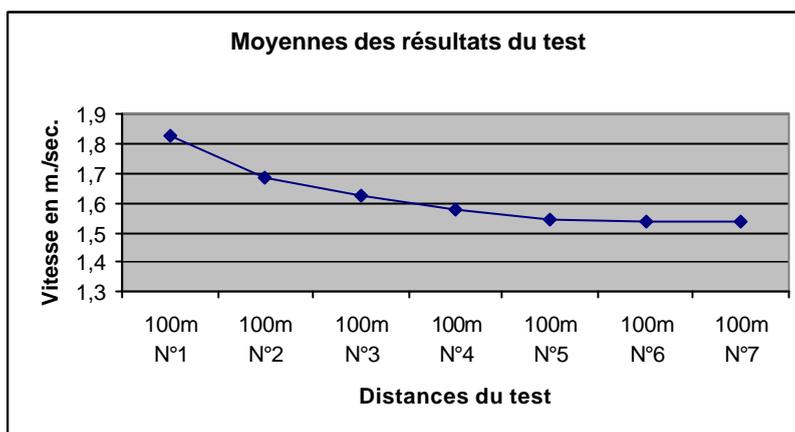
Ici aussi, nous remarquons une augmentation nette de la fréquence cardiaque dès le début d'exercice jusqu'à l'atteinte de son maximum au 4<sup>ème</sup> 100m, suivie d'un plateau jusqu'à l'arrêt de l'exercice. Puis, lors des 5 minutes de récupération, la fréquence cardiaque diminue de manière linéaire.

## IV. DETERMINATION DE LA VITESSE MAXIMALE AEROBIE

### Test 7X100m surface, récupération 20''

#### 1. Evolution chronométrique moyenne

	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	100m N°6	100m N°7
<b>Tps en sec.</b>	54''60	59''28	61''40	63''44	64''46	64''81	64''82
<b>Tps en m.s<sup>-1</sup></b>	1,83	1,69	1,63	1,58	1,55	1,54	1,54

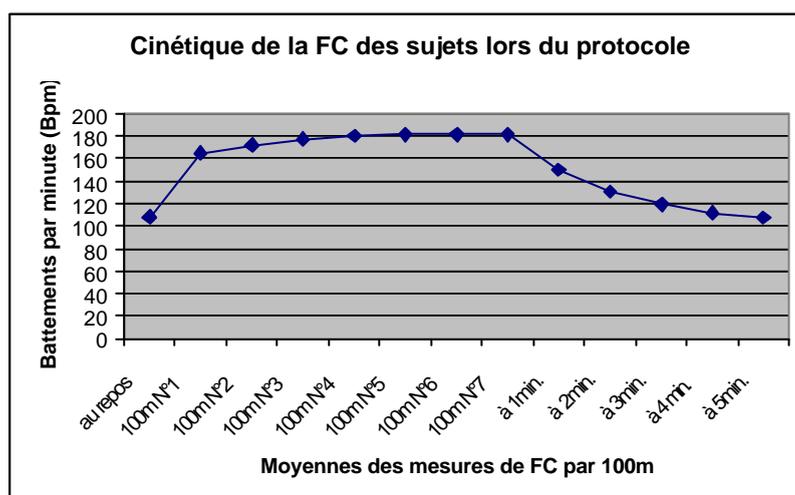


Pour ce test, on remarque aussi que les valeurs moyennes de la Vitesse Maximale Aérobie diminuent au fur et à mesure du test de manière quasi linéaire.

#### 2. Evolution des moyennes de FC (repos, test et récupération)

	FC repos	FC100m n°1	FC100m n°2	FC100m n°3	FC100m n°4	FC100m n°5	FC100m n°6	FC 100m n°7
<b>Bpm</b>	108,11	165	172,33	176,78	180,56	181,33	181,44	181,22

FC à l'arrivée du test	FC à R1min.	FC à R2min.	FC à R3min.	FC à R4min.	FC à R5min.
181,22	149,89	130,22	119,11	112,22	107,89



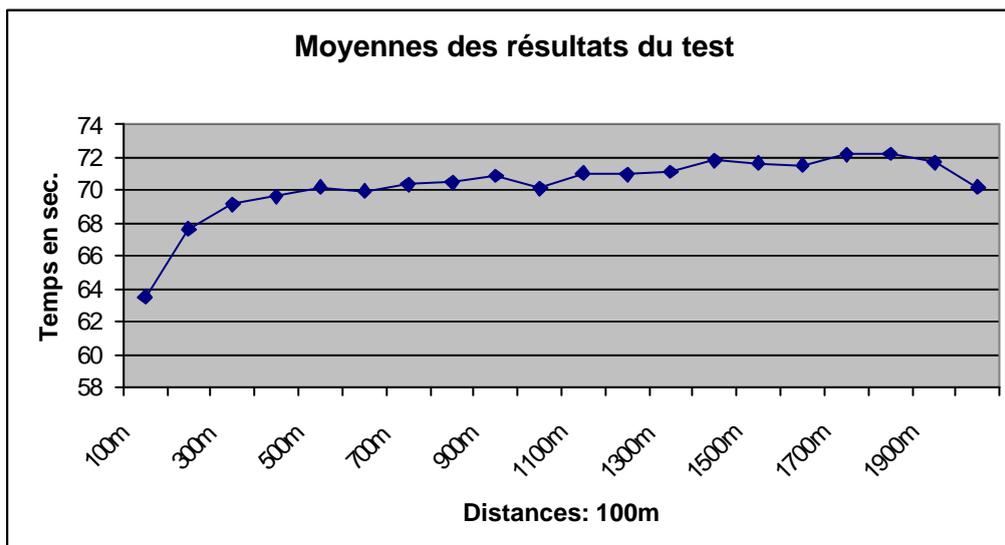
Ici aussi, nous remarquons une augmentation nette de la fréquence cardiaque dès le début d'exercice jusqu'à l'atteinte de son maximum au 4<sup>ème</sup> 100m, suivie d'un plateau jusqu'à l'arrêt de l'exercice. Puis, lors des 5 minutes de récupération, la fréquence cardiaque diminue de manière linéaire.

## V. DETERMINATION DU SEUIL ANAEROBIE

### Résultats du 2000m surface

#### 1. Evolution chronométrique moyenne

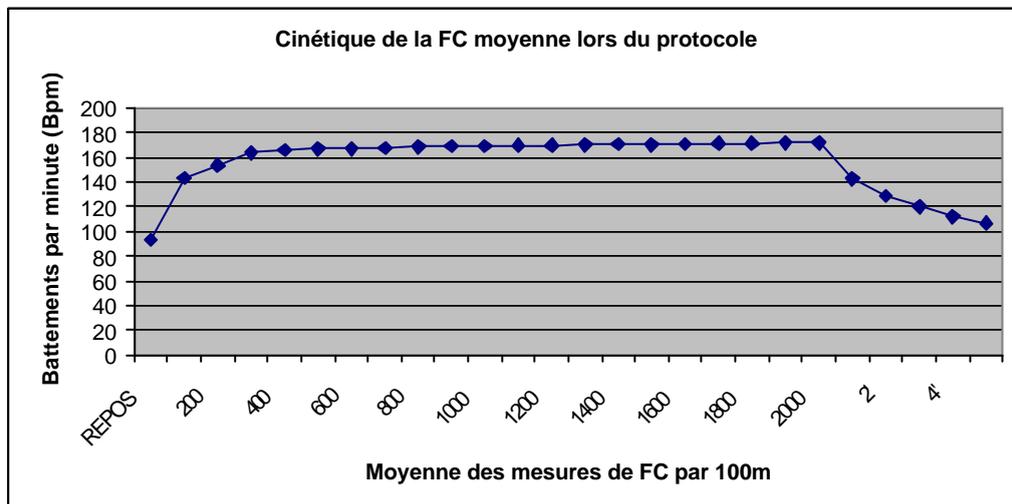
DISTANCE	TEMPS (min, sec, cent.)
100m	1'03''53
200m	1'07''63
300m	1'09''13
400m	1'09''60
500m	1'10''17
600m	1'09''94
700m	1'10''38
800m	1'10''44
900m	1'10''88
1000m	1'10''12
1100m	1'11''05
1200m	1'10''93
1300m	1'11''08
1400m	1'11,82
1500m	1'11''65
1600m	1'11''51
1700m	1'12''13
1800m	1'12''22
1900m	1'11''70
2000m	1'10''20
<b>Moyenne au 100m</b>	<b>1'10''31</b>
<b>Soit une vitesse (m.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>1,42</b>



On remarque que les valeurs moyennes de temps par 100m augmentent jusqu'à 500m pour se stabiliser entre 1'10'' et 1'12'' au 100m jusqu'à la fin du test.

## 2. Evolution des moyennes de FC

DISTANCE	FREQUENCE CARDIAQUE
Repos	93
100m	143
200m	153,33
300m	163,56
400m	165,67
500m	166,67
600m	166,89
700m	167,11
800m	168,44
900m	168,78
1000m	168,89
1100m	169,44
1200m	169,56
1300m	169,89
1400m	170,33
1500m	170,11
1600m	170,67
1700m	171,44
1800m	171,22
1900m	171,67
2000m	171,56
1'	142,56
2'	128,67
3'	119,78
4'	111,67
5'	106,56
<b>Moyenne FC sur 2000m</b>	<b>166,91</b>



On observe que la fréquence cardiaque augmente nettement entre le premier et deuxième 100m, puis continue à croître de manière très progressive jusqu'à 1000m pour se stabiliser jusqu'à la fin du test. Lors de la récupération, la fréquence cardiaque diminue de manière linéaire.

## **VI. RESULTATS DE LA PERCEPTION DE L'EFFORT (PE)**

### **1. Résultats suite aux 5X100m surface R20''**

PE du Test de 5X100m surface R20''	15,33 soit difficile (3 <sup>ème</sup> case)
------------------------------------	--

### **2. Résultats suite aux 6X100m surface R20''**

PE du Test 6X100m surface R20''	16,44 soit difficile (4 <sup>ème</sup> case)
---------------------------------	--

### **3. Résultats suite aux 7X100m surface R20''**

PE du Test 7X100m surface R20''	17,44 soit très difficile
---------------------------------	---------------------------

On remarque que plus le nombre de répétitions augmente, plus la perception de l'effort tend vers le « difficile », même « très difficile » pour le dernier test.

### **4. Résultats suite aux 2000m surface**

PE du 2000m surface Test	14,33 soit difficile (2 <sup>ème</sup> case)
--------------------------	--

# **DISCUSSION**

## **Introduction**

### **I. Détermination de la Vitesse Maximale Aérobie**

1. Adaptation du protocole
2. Prises de renseignements sur les nageurs
3. Détermination de la Vitesse Maximale Aérobie
4. Echelle de BORG
5. Récupération post-test : 5min

### **II. Détermination du Seuil Anaérobie**

### **III. Corrélation V.M.A. et Seuil Anaérobie**

## INTRODUCTION

La mise en place de cette batterie de tests (tests V.M.A. et Seuil anaérobie) demande aux nageurs d'être, d'une part, suffisamment entraînés et d'autre part, de diminuer leur entraînement hebdomadaire en intensité afin qu'ils soient en forme, surtout pour la mesure de la Vitesse Maximale Aérobie. C'est pourquoi, nous avons attendu une certaine période de l'année à savoir le mois de décembre. En effet, dans une planification d'entraînement, cette période représente en général la fin du premier macrocycle de reprise de l'entraînement, soit du volume avec un peu d'intensité afin que le nageur soit prêt à encaisser par la suite l'entraînement de sa spécialité, quelle qu'elle soit.

De plus, à partir du moment où l'on considère ces tests comme des outils pour les entraîneurs, cette période est idéale justement pour vérifier le niveau de «départ» du nageur avant d'entrer dans la spécificité de l'entraînement.

### I. Mesures de la Vitesse Maximale Aérobie

#### 1. Adaptations du protocole

Pour répondre à notre problématique sur la mesure de la Vitesse Maximale Aérobie de manière précise, il a fallu mettre en place 3 types de protocoles : 5 / 6 / 7 X100m surface R20''. Le nombre de répétitions tendra à déterminer le moment où le sujet atteint sa V.M.A. en croisant le temps d'exercice sur 100m avec les mesures de fréquence cardiaque. La distance à répéter a été choisie selon les résultats de l'étude de ASTRANG P.O. et collaborateurs (1960) (1) qui préconisait, en Athlétisme, un travail sur 60'', soit environ 100m en Nage avec palmes, avec une récupération de 30'' pour solliciter la consommation d'oxygène à un rendement maximal. Or, cette étude porte sur des coureurs et plusieurs études montrent que les chocs répétés en course à pied provoquent une augmentation de la fréquence cardiaque dû à un retour sanguin veineux difficile. A l'inverse, la position allongée en Nage avec palmes fait que l'on a moins besoin de récupération (Mac ARDDLE et collaborateurs, 1978, 20). Par conséquent, nous l'avons diminuée par rapport à l'étude d'ASTRANG P.O. (1) mais nous l'avons augmentée par rapport au test MACE J. car on a vu précédemment (III, 2) que 10 secondes étaient insuffisantes puisque cela entraînait une acidose musculaire précoce d'où une dégradation rapide de la technique du nageur. De plus, il est important de tenir compte de l'adaptation respiratoire par l'utilisation d'un tuba. En effet, le tuba, par sa forme, crée un espace mort ce qui signifie que l'air expiré croise l'air inspiré, d'où une présence de gaz carbonique supérieure à l'air extérieur. Ce phénomène crée un travail en légère hypoxie pour le nageur ce qui augmente un peu la fréquence cardiaque. Nous avons donc jugé que 20'' de récupération étaient nécessaires. Même d'un point de vue pratique, le temps de relever la fréquence cardiaque et pour les clubs qui en ont les moyens, la Lactatémie, 20 secondes nous paraissent suffisantes.

#### 2. Prises de renseignements sur les nageurs

La demande de renseignements sur les nageurs et notamment sur leurs meilleures performances de l'année précédente sur 400m et 800m nous a permis d'établir une fourchette dans laquelle leur Vitesse Maximale Aérobie peut se trouver puisque selon ASTRANG et collaborateurs (3), la Vitesse Maximale Aérobie ne peut se maintenir qu'entre 3 et 8 minutes. Donc, à partir de ces courses, on peut estimer la fourchette entre 1'02''97 et 1'04''97, soit entre  $1,59\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $1,54\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

En outre, les renseignements sur la date de naissance précise des sujets nous ont permis de déterminer un critère d'atteinte de la V.M.A. en calculant la moyenne de leur fréquence cardiaque maximale théorique, soit entre 180,7 bpm et 185,7 bpm.

### **3. Détermination de la Vitesse Maximale Aérobie**

A l'aide de ces renseignements, on peut savoir à quel moment le nageur a atteint sa Vitesse Maximale Aérobie dans le test en croisant les temps réalisés aux 100m avec les mesures de la fréquence cardiaque mesurée et enregistrée tout en la référant à son maximum théorique. Il s'agit d'un test VMA interpolé.

A partir de cette méthode, nous avons mesuré la Vitesse Maximale Aérobie au quatrième 100m sur l'ensemble des tests en 1'03''39, soit  $1,58\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  et avec une fréquence cardiaque maximale mesurée en 180,44 bpm (premier critère d'atteinte de la V.M.A. retenu). Ce lapse de temps d'environ trois minutes entre le début du test et le 4<sup>ème</sup> 100m, soit l'atteinte de la V.M.A., s'explique par l'inertie des systèmes ventilatoires et circulatoires. Puis, une fois la fréquence cardiaque maximale atteinte, nous assistons à un plateau de celle-ci au 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> 100m qui représente le second critère d'atteinte retenu. Enfin, on peut placer cette mesure de la V.M.A. dans la fourchette établie par l'étude d'ASTRANG P.O. et collaborateurs (1986) (3) à savoir 3 et 8 min à partir des moyennes des performances sur 400 et 800m surface des sujets ; cela nous donne :  $1'02''97 = 1'03''39 = 1'04''97$ .

### **4. Echelle de BORG**

Grâce aux résultats de l'échelle de BORG et collaborateurs (11), nous avons remarqué que la perception de la difficulté de l'effort augmentait en fonction de l'augmentation du nombre de répétitions. Pour le 7X100m surface, récupération 20'', la perception de la difficulté se trouve même dans le «très difficile» alors que les deux autres tests mesurant la V.M.A. sont dans le «difficile». Dans la mesure où l'on s'attendait à ces résultats, les tests ont été réalisés selon un ordre croissant de répétitions pour que la perception d'effort ne soit pas faussée. En effet, si l'on avait inversé cet ordre de passage des tests c'est-à-dire commencer par le 7X100m surface, il y aurait eu une forte probabilité pour que les sujets perçoivent le test de 5X100m surface encore moins difficile que dans l'ordre réalisé. En d'autres termes, ces résultats de l'échelle de BORG montrent bien que le 7X100m surface a été perçu comme très difficile pour les sujets qui sont pourtant entraînés et qui ont de l'expérience puisqu'ils ont une pratique moyenne de la nage avec palme de 5,3 ans. Quant au 5X100m surface, malgré sa place judicieuse dans le déroulement des protocoles, il a été perçu comme difficile mais tout de même moins que le 6X100m surface.

La réelle différence dans la perception de la difficulté et dans la réalisation de ces tests se réduirait bien à la tolérance des sujets à l'acidose musculaire qui est plus ou moins importante selon le nombre de répétitions. Par conséquent, nous préconisons 6 répétitions de 100m pour que le sujet ait le temps de monter à V.M.A. (atteinte à partir du 4<sup>ème</sup> 100m), vérifiable par la mesure de la fréquence cardiaque, puis d'essayer de tenir jusqu'à la fin du test cette vitesse pour créer un plateau de fréquence cardiaque qui est l'un des deux critères d'atteinte de la Vitesse Maximal Aérobie que l'on a retenu pour cette étude.

## 5. Récupération post test : 5 min

Au vue des courbes de la Récupération suite aux tests, on peut dire qu'il n'y a aucune différence dans la cinétique de la moyenne des fréquences cardiaques lors des 5 minutes post test et ce, quelque soit le nombre de répétitions. En effet, pour les trois tests de mesures de la Vitesse Maximale Aérobie, nous avons la même diminution de battements cardiaques entre chaque minute ce qui peut nous faire penser que quelque soit le nombre de répétitions réalisées, ces tests d'efforts maximaux ont le même impact sur la récupération.

## II. Détermination du Seuil Anaérobie

Nous avons terminé notre batterie de tests par le test 2000 afin d'apprécier la moyenne du Seuil Anaérobie au 100m de nos sujets. Celle-ci a été mesurée à 1'10''31, soit  $1,42\text{m.s}^{-1}$ . Nous avons aussi calculé une moyenne de nos mesures de la fréquence cardiaque à 166,91 bpm.

Les résultats de l'échelle de BORG montrent que les sujets ont perçu le test de manière « difficile » (2<sup>ème</sup> case). Il se peut que la représentation psychologique de la distance à réaliser en piscine a joué sur la perception de la difficulté de l'exercice. Mais, ce constat montre surtout que même si l'intensité de ce test est inférieure que celle du test V.M.A., les sujets ont « joué le jeu » en tentant de soutenir la vitesse la plus rapide sur 2000m.

## III. Corrélation V.M.A. et Seuil Anaérobie

Il se trouve que l'on peut corrélérer les résultats de la mesure de la Vitesse Maximale Aérobie avec ceux de la mesure du Seuil Aérobie. En effet, nous avons une corrélation de 92,5% pour la fréquence cardiaque et une corrélation de 89,87% pour la vitesse de nage ; ce qui correspond à la corrélation qu'a établi l'étude de MONOD et collaborateurs en 1987 (21) (entre 88 et 93%).

D'ailleurs, au regard du tableau ci-dessous, on constate que la corrélation de la vitesse atteinte sur 400m surface (vitesse s'approchant le plus de la Vitesse Maximale Aérobie) selon les Records de France, d'Europe et du Monde masculins et féminins (décembre 2006), avec celle du 1500m surface (vitesse s'approchant le plus du Seuil Anaérobie) est en moyenne égale avec les résultats de cette étude. En effet, nous avons une corrélation de 92,18% entre la vitesse atteinte sur 400m surface et celle du 1500m surface. Le fait qu'elle soit légèrement supérieure s'expliquerait par la vitesse de nage du 1500m qui est légèrement plus rapide que celle du 2000m.

Décembre 2006	Records de France Temps / Vit ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Records d'Europe Temps / Vit ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Records du Monde Temps / Vit ( $\text{m.s}^{-1}$ )
<b>MESSIEURS</b>			
400m SF	3'12''92 / 2,07	3'02''84 / 2,19	3'02''84 / 2,19
1500m SF	12'51''22 / 2,94	12'29''59 / 2	12'29''59 / 2
Corrélations (%)	93,73	91,32	91,32
<b>DAMES</b>			
400m SF	3'30''67 / 1,9	3'21''08 / 1,99	3'17''78 / 2,02
1500m SF	13'55''55 / 1,79	13'53''60 / 1,8	13'26''18 / 1,86
Corrélations (%)	94,21	90,45	92,08

Cette corrélation permet aux entraîneurs de réaliser un test submaximal à leurs nageurs pour déterminer leur Vitesse Maximale Aérobie sans pour autant qu'il y ait les « traumatismes » et les conditions d'un test à intensité maximale. Ce que l'on entend par « traumatismes », c'est surtout le taux de concentration en lactates sanguins car l'acidose peut entraîner des dégradations au niveau des cellules musculaires et ce que l'on entend par « conditions », c'est ce que l'on a vu précédemment pour la mise en place d'un test d'intensité maximale à savoir un relâchement dans l'intensité d'entraînement pendant au moins une semaine précédent le test et au moins une semaine de récupération active pour se remettre du test.

## CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de mettre en place un protocole spécifique à la Nage avec palmes mesurant la Vitesse Maximale Aérobie à l'aide d'un protocole simple et fiable et pour une population de nageurs de niveau et d'âge hétérogène. Nous avons vu qu'il était possible de déterminer la V.M.A. à partir de deux types de tests selon la période de la planification d'entraînement. Le test maximal à savoir le 6X100m surface R20'' demande un aménagement bien précis de l'entraînement mais permet une estimation directe de la Vitesse Maximale Aérobie de manière interpolée à partir du quatrième 100m. La mesure du Seuil Anaérobie est réalisée par le second test : le 2000m surface qui permet alors d'extrapoler la Vitesse Maximale Aérobie grâce à une corrélation à 90%. Ce dernier peut se mettre en place sans aménagement d'intensité d'entraînement.

Ces deux types de tests représentent des outils de travail pour les entraîneurs de Nage avec palmes et peuvent être reproduits dans les clubs car ils ont été mis en place et vérifiés avec un matériel simple dont chacun peut être doté à savoir un chronomètre et un cardio-fréquence mètre. Nous aurions pu mesurer la Lactatémie pour quantifier la Vitesse Maximale Aérobie de manière plus précise mais l'objectif de cette étude était bien de créer un outil avec les moyens que possède n'importe quel entraîneur. En outre, ces tests permettent également pour les entraîneurs de mettre en place des zones de travail adaptées au niveau de leurs nageurs ; en ce sens que la mesure du Seuil Anaérobie s'apparente à la Zone de travail 3, correspondant à 85-90% de la V.M.A. et la mesure de la Vitesse Maximale Aérobie est la Zone de travail 4, soit à 100%.

Enfin, ces protocoles peuvent très bien être intégrés dans le programme de Détection Nationale mis en place depuis quelques années par la Commission Nationale de Nage avec palmes car la mesure de la Vitesse Maximale Aérobie « peak » est l'un des critères de détection en représentant le niveau d'entraînement du nageur et de ses possibilités.

## PERSPECTIVES

Cette étude consistait à mettre en place un protocole mesurant la Vitesse Maximale Aérobie spécifique à la Nage avec palme. Le choix du protocole, à savoir un test discontinu et rectangulaire, se justifie à l'aide de la perspective de cette étude. En effet, nous avons vu que BALY et collaborateurs (7) affirmaient que les nageurs adaptaient leur allure de nage en faisant varier les paramètres d'amplitude et de fréquence. Or, comme dans tout sport cyclique tels que l'Athlétisme, le Cyclisme ou la Natation, on sait que la vitesse dépend de la fréquence et de l'amplitude :

$$\text{Vitesse} = \text{Fréquence} \times \text{Amplitude}$$

Autant l'amplitude est difficilement mesurable autre que par le visuel et dépend de la morphologie de chacun, la fréquence de nage est quantifiable par l'entraîneur ou le nageur en comptant le nombre d'ondulations par longueur.

Par conséquent, l'objectif d'une future étude serait d'essayer de déterminer un nombre d'ondulations précis pour le nageur lorsqu'il est à Vitesse Maximale Aérobie. D'où l'utilisation de ce test de type rectangulaire et intermittent pour compter précisément le nombre d'ondulations par longueur. Cela permettra à l'entraîneur d'imposer une allure de nage avec un nombre d'ondulation à respecter et au nageur de connaître son allure de nage.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ASTRANG I. 1960. Aérobie work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol. Scand*, n°49 (supplément n°169), pp 1-92.
2. ASTRANG P.O., ENGSTROM L., ERIKSSON B., KARLBERG P., NYLANDER I., SALTIN B., THOREN C. 1963. Girls swimmers. *Acta Paedia* (supplément n°47).
3. ASTRANG P.O., RODHAL K. 1986. Précis de Physiologie de l'exercice musculaire. N.Y. Mc Graw-Hill International Edition, 3<sup>ème</sup> édition, pp 459-461.
4. ASTRANG P.O., RYTHMING I. 1954. A monogram for a calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *Journal Appl. Physiology* n°7, pp 218-222.
5. BALY L. 1999. Les nages aquatiques avec palmes : Etat des pratiques et caractéristiques du matériel. DEA STAPS thesis, UMR 6559, Université de la Méditerranée.
6. BALY L., FAVIER D., DUREY A. 2001. Finswimming technical description by 3D kinematic study. *Arch. Physiol. Biodrem.* p64.
7. BALY L., FAVIER D., DUREY A., BERTON E. 2002. Influence de la distance de course sur les paramètres cinématiques de nage chez des nageurs avec palme de haut-niveau. *Science et Sports* n°17, pp 263-265.
8. BILLAT V. 2000. Le concept de VO<sub>2</sub> max à l'horizon 2000.
9. BILLAT V. 1998. Physiologie De l'entraînement et Méthodologie- de la théorie à la pratique. Edition DeBoeck Université, p130.
10. BILLAT V., RENOUX J.C., PINOTEAU J., PETIT B., KORZALZTEIN J.P. 1994. Validation d'une épreuve maximale de temps limite 100 à la Vitesse Maximale Aérobie et à VO<sub>2</sub> max. *Sciences et Sports* n°9, pp 135-143.
11. BORG G., HASSMEN P., LAGERSTROM M. 1987. Perceived exertion related to heart and blood lactate during arm and leg exercise. *European Journal Appl. Physiology* n°56, pp 679-685.
12. COSTILL D.L. 1978. Comptes rendus de conférences, spécial Natation. INSEP, FFN, vol. 1.
13. EDWARD T., HOWLEY, DAVID R., BASSETT J.R., HUGH G., WELCH. 1995. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and science in sports and exercise*, pp 1292-1301.
14. HILL A.V. 1927. *Muscular movement in man*. N.Y., Mc Graw-Hill n°192, p104.
15. HOMER I., STEIN E.M., SALTIN B., ELBLOM B., ASTRANG P.O. 1974. Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *Journal Appl. Physiology*, pp 37-49.
16. JONSSON et collaborateurs, 1981.
17. LACOUR J.R., FLANDROIS R. 1977. Le rôle du métabolisme aérobie dans l'exercice intense de longue durée. *Journal de Physiologie*, Tome 73, n°2, pp 89-130.
18. LEGER L., BOUCHER R. 1980. An indirect continuous running multistage field test. The university of Montreal, track test, *Canadian Journal Appl. Sport science*, n°5, pp 77-84.
19. LINDSTEDT et collaborateurs. 1988. Limitation to aerobic performance in maximal interaction of structure and demand. *Journal of Medicine*, vol. 9, pp 210-217.

20. Mac ARDDLE W.L., MAGEL J.R., DEVO D.J., TONER M. 1978. Specificity of run training on  $VO_2$  max, and heart rate changes during running and swimming. *Medecine and Science in Sport*, USA, Tome 10, n°1, pp 16-20.
21. MONOD W.O. et collaborateurs. 1987. Adaptation du test de CONCONI à la Natation.
22. PHILIPART F. 2005. La V.M.A. en Natation.
23. RICHE D. 2000. Un homme averti en  $VO_2$ . *Sport et Vie*, HS n°14 : l'Entraînement est-il une science exacte ?, Faton.
24. SVEDAHL K., MACINTOSH B.R. 2003. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal Appl. Physiology*, vol.28, n°2, pp 299-323.
25. Collectif d'auteurs. 1997. L'entraînement : Méthodologie. *Atlantica*, Tome 5.

## ANNEXE 1 : ECHELLE DE BORG

Points	Catégories
1 2 3 4	très facile
5 6 7 8	Facile
9 10 11 12	moyen
13 14 15 16	difficile
17 18 19 20	très difficile

## ANNEXE 2 : TABLEAUX DES RESULTATS

Moyenne d'âges des sujets (en années)									
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
28	26,3	28,5	27,75	24,3	36,8	29,8	29,5	30,6	29,06

Fréquence Cardiaque Maximale théorique moyenne  
(en Battements Par Minute)

$220 - 29,06 = 190,94 - 10 =$	180,94
-------------------------------	--------

Moyenne des meilleurs temps au 400m surface (en secondes)									
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
220	219	227	223	280	270	270	300	258	251,88
									soit 4'11"88

Moyenne des meilleurs temps au 800m surface (en secondes)									
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
453	459	465	470	575	570	534	626	526	519,77
									soit 8'39"77

Moyenne des temps de pratiques (en années)									
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
10	6	3	8	2	3	3	3	10	5,33

Moyenne des résultats du 5x100m surface R15" (en secondes)					
	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5
S1	53,95	55,44	55,89	57,01	58,2
S2	52,67	56	57,59	59,84	61,2
S3	48,89	53,77	54,97	55,46	56,48
S4	50,55	53,18	55,46	56,96	57,75
S5	54,24	62,73	68,41	70,68	71,47
S6	50,4	62,2	69,08	71,34	71,93
S7	55,23	59,81	61,11	62,76	61,44
S8	64,5	67,75	68,19	71,09	73,35
S9	61,11	65,5	65,37	65,52	65,93
<b>Moyennes :</b>	<b>54,61</b>	<b>59,59</b>	<b>61,78</b>	<b>63,40</b>	<b>64,19</b>

Fréquence Cardiaque moyenne du 5X100m surface R15" et de la Récupération (en Battements Par Minute)											
	FC repos	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	à 1min.	à 2min.	à 3min.	à 4 min.	à 5min.
S1	128	143	175	176	180	181	145	122	119	107	105
S2	104	166	178	176	178	176	142	126	111	112	101
S3	107	167	184	187	188	189	161	155	116	121	112
S4	124	196	191	191	190	191	179	150	131	129	118
S5	118	168	181	179	180	183	155	136	127	132	128
S6	102	163	171	171	173	168	134	117	106	100	97
S7	118	161	183	180	181	186	126	109	100	96	97
S8	84	169	168	177	178	178	133	128	112	110	110
S9	84	172	173	178	179	182	144	118	109	100	98
<b>Moyennes :</b>	<b>107,66</b>	<b>167,22</b>	<b>178,22</b>	<b>179,44</b>	<b>180,77</b>	<b>181,55</b>	<b>146,55</b>	<b>129</b>	<b>114,55</b>	<b>111,88</b>	<b>107,33</b>

Moyenne des résultats des 100m au 6x100m surface R15" (en secondes)						
	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	100m N°6
S1	54,96	57,58	57,2	57,41	58,94	60,12
S2	52,93	57,23	61,1	60,26	59,16	59,14
S3	47,64	53,71	55,9	56,8	57,53	59,3
S4	51,53	54,2	56,69	57,46	57,59	57,1
S5	55,14	61,57	65,36	68,64	71,09	71,74
S6	52,37	63,08	66,36	67,7	69,49	69,73
S7	57,56	61,16	61,79	62,8	62,7	62,69
S8	65,91	69,88	70,95	72,95	73,71	72,87
S9	61,14	65,48	65,31	66,35	66,01	66,58
Moyennes :	55,46	60,43	62,29	63,37	64,02	64,36

	au repos	100m N°1	Fréquence Cardiaque moyenne du 6x100m surface R15" et de la Récupération (en Battements Par Minute)						à 1min.	à 2min.	A 3min.	à 4 min.	à 5min.
			100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	100m N°6						
S1	122	169	172	178	180	180	179	146	128	114	112	107	
S2	91	152	165	168	168	177	180	155	130	117	109	104	
S3	109	175	177	180	180	181	179	159	136	130	122	116	
S4	114	196	191	191	193	195	192	172	146	129	126	122	
S5	109	178	176	182	182	184	181	158	140	124	114	108	
S6	103	154	155	160	162	172	168	141	117	96	97	100	
S7	100	158	181	181	189	182	189	129	115	103	98	98	
S8	103	168	156	163	188	181	183	137	126	114	110	138	
S9	107	177	176	179	178	184	180	145	119	108	100	106	
Moyennes :	106,44	169,66	172,11	175,77	180	181,77	181,22	149,11	128,55	115	109,77	111	

Moyenne des résultats des 100m au 7x100m surface R15" (en secondes)							
	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	100m N°6	100m N°7
S1	53,32	54,88	55,42	56,06	56,81	56,92	56,74
S2	53,9	56,8	57,65	58,13	58,55	59,74	59,59
S3	48,21	53,54	55,43	56,89	58,13	58,89	59,08
S4	50,9	53,72	55,94	57,81	58,87	59,03	58,49
S5	53,25	63,88	70,04	72,67	73,96	72,97	71,58
S6	48,94	56,46	61,78	70,15	72,34	73,23	71,87
S7	56,54	60,16	60,94	61,64	62,73	62,55	59,24
S8	64,81	68,78	70,45	71,41	72,07	72,23	71,87
S9	61,54	65,34	65,03	66,23	66,7	66,79	65,96
<b>Moyennes:</b>	<b>54,60</b>	<b>59,28</b>	<b>61,40</b>	<b>63,44</b>	<b>64,46</b>	<b>64,81</b>	<b>64,82</b>

Fréquence Cardiaque moyenne du 7x100m surface R15" et de la Récupération (en Battements Par Minute)													
	au repos	100m N°1	100m N°2	100m N°3	100m N°4	100m N°5	100m N°6	100m N°7	à 1min.	à 2min.	à 3min.	A 4 min.	à 5min.
S1	120	155	174	179	182	181	182	180	146	125	117	111	106
S2	94	154	160	170	178	182	184	185	149	130	122	109	105
S3	109	175	177	180	184	181	182	181	157	135	128	119	112
S4	118	198	192	191	195	195	194	193	171	143	127	121	117
S5	113	175	176	182	184	184	184	183	159	138	126	116	115
S6	97	151	164	169	172	171	172	172	154	131	115	108	102
S7	118	151	167	173	176	178	175	174	136	114	108	106	102
S8	102	167	173	176	180	180	180	183	139	130	122	118	111
S9	102	159	168	171	174	180	180	180	138	126	107	102	101
<b>Moyennes :</b>	<b>108,11</b>	<b>165</b>	<b>172,33</b>	<b>176,77</b>	<b>180,55</b>	<b>181,33</b>	<b>181,44</b>	<b>181,22</b>	<b>149,88</b>	<b>130,22</b>	<b>119,11</b>	<b>112,22</b>	<b>107,88</b>

Moyenne des résultats au 100m du  
2000m test (en secondes)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	Moyennes
100m	56,02	62,2	55,11	58,12	69,52	67,69	68,69	69,06	65,4	63,5344444
200m	60,36	62,33	60,35	60,23	77,42	71,01	71,94	75	70,03	67,63
300m	61,57	62,63	62,91	63,14	77,69	73,33	72,75	77,61	70,57	69,1333333
400m	61,65	62,83	60,44	64,64	79,85	73,99	72,5	80,14	70,36	69,6
500m	62,7	63,39	60,87	64,81	80,16	75,14	73,05	80,57	70,87	70,1733333
600m	62,74	63,43	61	64,97	77,58	74,75	73,18	80,92	70,87	69,9377778
700m	62,76	63,64	60,72	64,89	81,59	73,79	74,51	80,61	70,88	70,3766667
800m	62,79	64,08	61,18	66,03	77,68	75,53	74,88	80,58	71,21	70,44
900m	63,5	63,83	60,69	65,78	80,59	75,39	74,63	81,67	71,81	70,8766667
1000m	63,48	64,24	60,28	66,34	77,33	76,57	70,69	81,4	70,79	70,1244444
1100m	63,61	63,06	65,56	66,71	76,92	77,19	73,76	81,56	71,06	71,0477778
1200m	63,67	63,71	62,16	66,83	79,89	77,4	71,26	81,63	71,84	70,9322222
1300m	63,78	63,58	62,38	66,56	80,3	78,04	72,35	81,78	70,97	71,0822222
1400m	63,51	64,3	62,28	66,48	80,83	80,21	75,73	81,13	71,93	71,8222222
1500m	63,55	64,04	62,94	67,01	81,65	79,76	72,15	80,91	72,82	71,6477778
1600m	63,8	64,16	62,21	66,98	79,48	77,88	75,6	81,19	72,32	71,5133333
1700m	64,01	64,26	62,47	66,54	80,7	80,93	77,2	81,45	71,64	72,1333333
1800m	63,89	64,62	62,82	66,11	83,1	77,9	79,62	81,06	70,84	72,2177778
1900m	63,64	64,9	62,47	65,53	77,62	80,83	78,7	80,37	71,27	71,7033333
2000m	62,03	64,11	61,53	64,16	78,66	79,04	71,45	79,05	71,74	70,1966667
										70,3061667

Fréquence Cardiaque moyenne du 2000m test  
(en Battements Par Minute)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	Moyennes
repos	87	73	81	91	88	99	83	116	119	93
100m	147	150	158	146	135	113	109	159	170	143
200m	164	151	159	167	154	125	121	168	171	153,333333
300m	167	153	161	175	165	159	148	171	173	163,555556
400m	169	154	162	176	166	163	154	173	174	165,666667
500m	169	156	164	177	169	161	155	173	176	166,666667
600m	170	157	165	176	168	159	156	174	177	166,888889
700m	171	157	165	175	167	162	155	175	177	167,111111
800m	174	157	165	178	168	164	158	175	177	168,444444
900m	173	157	165	179	169	166	157	176	177	168,777778
1000m	174	158	166	178	168	165	157	176	178	168,888889
1100m	173	159	167	181	169	163	157	177	179	169,444444
1200m	172	159	167	180	171	164	157	177	179	169,555556
1300m	174	158	166	181	170	166	158	178	178	169,888889
1400m	175	159	167	182	168	167	159	177	179	170,333333
1500m	175	157	165	180	170	168	160	179	177	170,111111
1600m	174	160	168	179	172	166	159	178	180	170,666667
1700m	176	160	168	180	173	168	161	177	180	171,444444
1800m	177	160	168	182	171	166	159	178	180	171,222222
1900m	176	161	169	182	170	167	160	179	181	171,666667
2000m	176	161	169	182	172	167	159	178	180	171,555556
1'	144	135	143	157	156	142	138	133	135	142,555556
2'	126	119	127	143	142	133	130	118	120	128,666667
3'	117	114	122	131	128	124	124	110	108	119,777778
4'	107	103	111	119	119	116	119	105	106	111,666667
5'	106	103	108	111	112	108	112	97	102	106,555556