



**HAL**  
open science

# **AQUACYCLE Version Pentathlon Moderne: Un outil logiciel destiné à l'optimisation de la technique de nage**

Didier Seyfried, Jean-Pierre Guyomarch

## **► To cite this version:**

Didier Seyfried, Jean-Pierre Guyomarch. AQUACYCLE Version Pentathlon Moderne: Un outil logiciel destiné à l'optimisation de la technique de nage. [Rapport de recherche] Institut National du Sport et de l'Education Physique. 2003. hal-01864978

**HAL Id: hal-01864978**

**<https://insep.hal.science//hal-01864978>**

Submitted on 30 Aug 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**DEPARTEMENT DES SCIENCES DU SPORT**

**Laboratoire d'Informatique Appliquée au Sport**

**AQUACYCLE**

*Version Pentathlon Moderne :*

**Un outil logiciel destiné à l'optimisation de la technique de nage.**

**SEYFRIED Didier**

INSEP, Laboratoire d'Informatique Appliquée au Sport, Paris.

**GUYOMARCH Jean-Pierre**

Fédération Française de Pentathlon Moderne.

**Rapport de Recherche**

**Mené en partenariat avec la Fédération Française de Pentathlon Moderne**

**Septembre 2003**

**AQUACYCLE version Pentathlon**

**Un outil logiciel destiné à l'optimisation de la technique de la nage**

**SOMMAIRE :**

	<b>Page :</b>
○ <b>Introduction</b>	
○ <b>Le triptyque de la performance : Evaluer, Analyser, Entraîner :</b>	<b>2</b>
○ <b>L'évaluation :</b>	<b>2</b>
○ <b>L'analyse :</b>	<b>2</b>
○ <b>L'entraînement :</b>	<b>2</b>
○ <b>AQUACYCLE, outil d'aide à l'entraînement du pentathlète-nageur :</b>	<b>4</b>
○ <b>Le cahier des charges d'AQUACYCLE :</b>	<b>6</b>
○ <b>Progresser en natation en utilisant AQUACYCLE :</b>	<b>9</b>
▪ <b>La phase d'évaluation :</b>	<b>9</b>
▪ <b>La phase d'analyse :</b>	<b>11</b>
▪ <b>La phase d'entraînement :</b>	<b>12</b>
○ <b>Conclusions et perspectives pour le projet AQUACYCLE :</b>	<b>14</b>
○ <b>Bibliographie :</b>	<b>16</b>
○ <b>Résumé :</b>	<b>17</b>

## AQUACYCLE version Pentathlon

### Un outil logiciel destiné à l'optimisation de la technique de la nage

#### o Introduction :

La plupart des activités sportives cycliques pratiquées au niveau mondial sur des efforts de moins d'une heure font apparaître des relations entre la vitesse de locomotion et la cadence ou fréquence gestuelles. De nombreuses études ont étudié la fréquence spontanée comme critère essentiel d'économie dans la locomotion. Lorsque les conditions extérieures n'influencent pas l'activité cyclique, ou lorsque celles-ci peuvent être quantifiées, la capacité à savoir stabiliser le rapport fréquence/amplitude détermine le maintien de la vitesse tout au long de l'épreuve en retardant l'épuisement. Ces remarques s'appliquent particulièrement aux activités cycliques aquatiques pour lesquelles les relations fréquence/vitesse ou longueur de cycle/vitesse sont remarquablement ajustées chez les athlètes experts.

Si la régulation du rapport spontané entre l'amplitude et la fréquence est individuelle, elle dépend également des contraintes imposées par l'environnement (caractéristiques du milieu) ou par des codes humains (durée d'activité, règlement sportif...). Ainsi, dans une épreuve de marche à pied où à tout moment un appui au sol est imposé, le coût énergétique est plus élevé que si l'athlète courait. L'exemple des équipages en aviron ou en kayak, montre qu'au delà de la fréquence spontanée de chaque rameur, mieux vaut se mettre d'accord collectivement sur un rapport fréquence/vitesse choisi !

### Le Rapport Amplitude /Fréquence dans une activité cyclique

- La course
  - La Marche
  - Le vélo
  - Le kayak
  - La natation
  - Le ski de fond
  - Cavanagh, 82, 85, Winter, 84, Messier, 86
  - Elliot, 79, Nohara, 93, Hausswirth, Morgan & Martin, 86, Molen, 72, Cavagna, 82
  - Hagberg, 52, Widrick, 92
  - Lamarzelle, Vanhoecke 87,
  - East, 70, Cabri, 86, Chatard, 90, Seyfried, 1993
  - Dillman, 79, Smith, 88
  - Swaine, 83, Keskinen, 93, Wakayoshi, 95, Weissland, 97
- Toutes ces études soulignent l'intérêt de la cadence spontanée comme référentiel d'économie de mouvement et notamment en natation.

○ Le triptyque de la performance : Evaluer, Analyser, Entraîner :

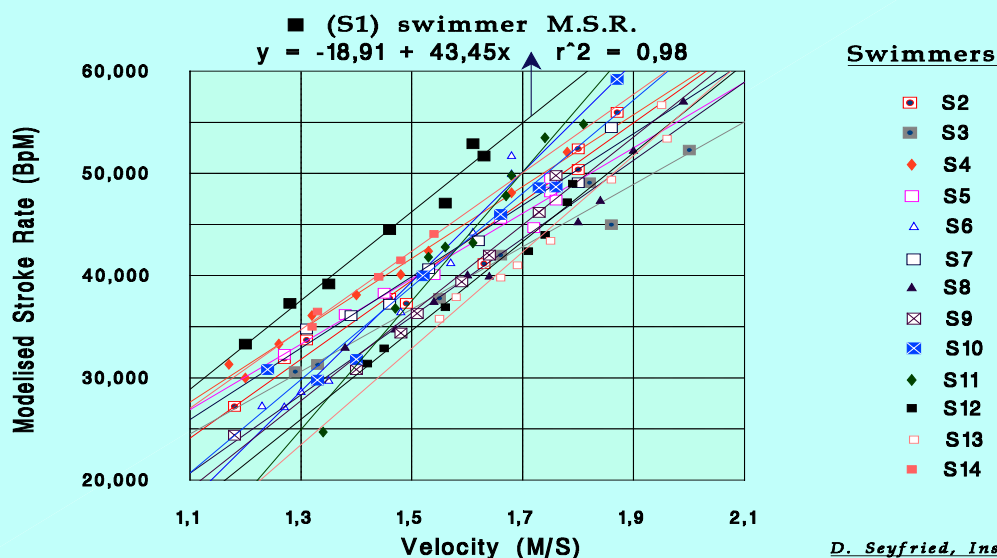


**L'évaluation** des qualités qui sous-tendent la performance et le suivi de paramètres qui y sont corrélés, s'envisagent nécessairement à travers une vision subjective de la performance humaine dont on sait qu'elle est multifactorielle et complexe par nature. Les qualités exprimées par des individus réalisant des temps identiques sur la même épreuve peuvent être de nature tout à fait différentes. La culture française de l'évaluation sportive se libère progressivement de la seule évaluation de laboratoire. La mesure de la fréquence spontanée de nageurs en fonction de leurs vitesses d'entraînement ou de compétition en est une illustration. Elle a conduit à la validation du test fréquence/vitesse de nage (Seyfried et al., 1993). Utilisé notamment en natation puis en kayak, il permet de déterminer si la cadence utilisée par un athlète à un moment donné de sa pratique (entraînement ou compétition) est bien conforme au moindre coût énergétique. Ces évaluations de type « biomécanique » réalisées en parallèle avec des investigations physiologiques constituent la base de la demande des entraîneurs pour la préparation de leur épreuve de natation, de kayak ou d'aviron.

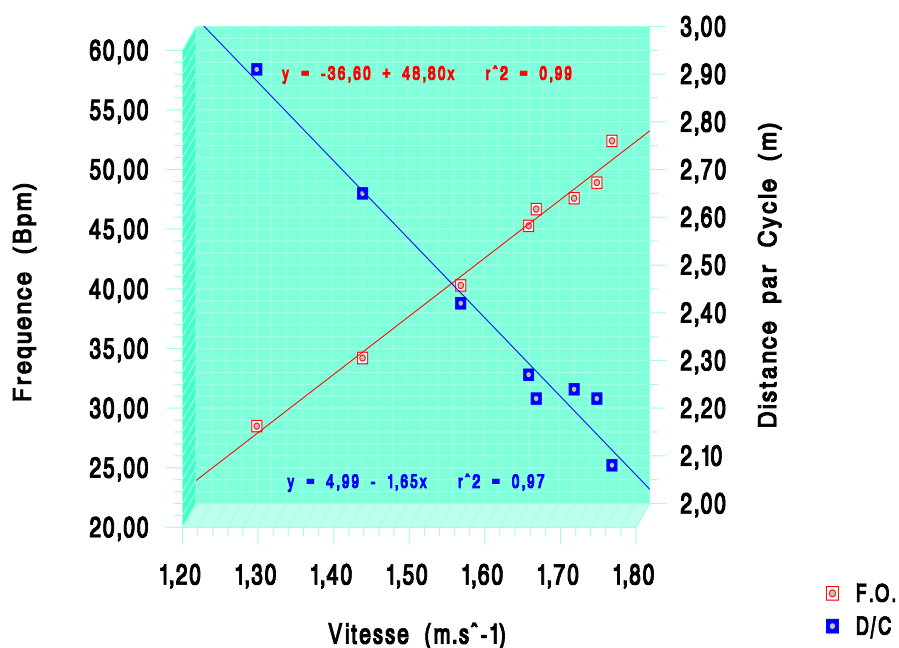
**L'analyse** de la performance peut être réalisée par simulation ou en « réel » à l'entraînement comme en compétition. Qui dit analyse, suggère au minimum un recueil de données et un traitement de celles-ci pour en faire bénéficier l'entraîneur et l'athlète. Dans le cas de l'apprentissage des gestions de paramètres cycliques, le retour le plus immédiat sur l'information est indispensable pour « automatiser » les modes de locomotion les moins coûteux dès lors que la fatigue apparaît. Le projet AQUACYCLE s'inscrit dans une perspective où les temps de traitement sont conçus pour être de plus en plus réduits. L'acquisition des données Cadence/Vitesse de déplacement en temps réel est un objectif qui sera développé à partir de 2003, tant sur AQUACYCLE que pour d'autres applications.

**L'entraînement**, pratique d'expert de l'athlète comme de l'entraîneur, bénéficie de l'aide technologique conçue à partir de l'évaluation réalisée en amont, ainsi que de l'analyse de la performance. Dans le projet AQUACYCLE, le logiciel développé contribue grâce ses fonctions de diagnostic et ses préconisations cycliques sur la performance à l'optimisation de la performance.

### Stroke Rate/Velocity linear relationship in 14 elite crawl swimmers



### Relations Frequence/Vitesse/Distance par Cycle chez un crawlleur de haut-niveau au cours d'un test incrémental de 8\*12,5m avec repos complet.



○ **AQUACYCLE, outil d'aide à l'entraînement du pentathlète-nageur :**

Les coordinations motrices en natation s'opérationnalisent en fonction d'une pluralité de facteurs que l'on peut considérer dans le cadre de l'approche dynamique comme des paramètres de contrôle (Kelso, 1995). Ainsi les structures spatio-temporelles du mouvement peuvent évoluer en fonction des styles de nage (Chollet & Tourny, 1992), de la vitesse de nage et de l'expertise (Chollet et al., 1999, 2000), de la distance de l'épreuve (Sydney et al., 1997), du mode de placement inspiratoire (Lerda et al., 1999), et des forces développées (Keskinen & Komi, 1993). Dans le contexte de la connaissance du moindre coût énergétique pour chaque vitesse de nage, l'hypothèse selon laquelle le rapport cadence/amplitude spontané du nageur non soumis à fatigue pouvait servir de modèle d'économie de nage, a été exploitée à l'INSEP pour l'entraînement depuis 1992.

AQUACYCLE reprend donc une grande partie de ces remarques qui permettent à l'athlète d'« apprendre » à économiser sa nage et particulièrement en situation de fatigue. Le rapport individuel le plus économique entre fréquence et amplitude est au vu de la littérature, le modèle spontané.

Pourquoi donc mesurer la cadence idéale du nageur s'il est établi que ce dernier la trouve spontanément ? La principale raison est simple et est observée dans différentes autres activités cycliques : la fatigue modifie la perception du « braquet » le plus efficace en privilégiant, le plus souvent, une réduction des distances parcourues par cycle. En clair, si le nageur, et à plus forte raison le nageur-pentathlète fatigué préalablement par 3 heures d'épée, n'a pas su apprendre à maîtriser son meilleur rapport amplitude/fréquence du mouvement, celui-ci se détériore au cours de l'épreuve, le nageur « raccourcit », « passe à travers » et précipite d'autant la baisse de ses performances que le geste moteur devient de plus en plus bâclé ! La connaissance puis la prise en compte, pour chaque vitesse clef d'entraînement, de la différence entre la cadence modélisée (optimale) et celle observée dans une situation réelle prend donc un sens très pratique, soit dans la préparation des séries d'entraînement, soit pour analyser une course a posteriori.

En Pentathlon, la table de cotation établie pour chacune des 5 disciplines (Tir au pistolet, Escrime - « poule unique » à l'épée, Natation - 200 m nage libre, Equitation - parcours d'obstacles et Course à pied - 3000 mètres) autorise plusieurs profils d'accession à la haute performance. Ce profil est lié à l'histoire de l'acquisition individuelle des compétences sportives de ces athlètes, qui ne sont pas, contrairement à l'heptathlon ou au décathlon, des « spécialistes » notoires d'une épreuve particulière. Ainsi, ces athlètes, généralement très matures, atteignent en France un niveau olympique avec un parcours très diversifié. De la même façon, et particulièrement en natation, les entraîneurs, excellents « généralistes » face à ces polyvalents, n'ont pas nécessairement la possibilité de métamorphoser « techniquement » des pentathlètes pour qui, par ailleurs, la cotation de la natation apparaît comme sous-valorisée. L'utilisation d'outils simples d'évaluation ainsi que la mise en place de repères individualisés d'apprentissage apparaît, en France, comme une nécessité dans cette discipline olympique combinée. La comparaison avec le décathlon ou l'heptathlon peut ici être reprise : en fonction de son vécu, de son niveau dans chaque épreuve, de la « réalité » de la cotation de chacune, les athlètes adeptes des disciplines combinées doivent nécessairement :

- ❖ Gérer leur temps de pratique et assumer des choix stratégiques
- ❖ Favoriser les transferts entre épreuves ou les rendre complémentaires
- ❖ Individualiser leur préparation sur plusieurs années

Ce contexte est propice à l'exploitation par les athlètes d'une trame d'entraînement commune, mais avec des adaptations individuelles. L'évaluation périodique des capacités sert à établir

des étapes dans des préparations qui sont individualisées. Ainsi, des logiciels permettant de contrôler la vitesse de nage sous le double aspect métabolique et cyclique ont été développés au lendemain des J.O. d'Atlanta afin de préparer les athlètes susceptibles d'être sélectionnés à ceux de Sydney.

**Grâce au tableau récapitulatif des vitesses de programmation, NATAMT renseigne l'entraîneur et le nageur sur les modalités optimales d'exécution d'une distance de nage à effectuer :**  
*(Ce tableau est destiné à être affiché sur le bord du bassin)*

**SIMULATIONS OBTENUES PAR NIVEAU DE VITESSE pour LEVAILLANT BA.  
200 mètres CRAWL bassin de 50 mètres, départ dans l'eau aux pieds**

Vitesse	Dist.	Tps	L	FC	VO <sup>2</sup>	CT	DCT	INT
U1 = 1,282	192,97	2m30s52	2,05	152	3,44	25,3	3,04	3,89
U2 = 1,388	193,32	2m19s27	3,84	171	4,22	30,7	2,72	3,77
U3 = 1,418	193,42	2m16s40	4,72	176	4,44	32,2	2,64	3,75
U4 = 1,517	193,74	2m7s71	8,76	180	4,82	37,1	2,45	3,72
U5 = 1,568	193,91	2m3s66	11,54	180	4,82	39,7	2,37	3,72
U6 = 1,719		m s						
U7 = 1,958		m s						
USA = 1,388	193,32	2m19s27	3,84	171	4,22	30,7	2,72	3,77
UMA = 1,470	193,59	2m11s69	6,62	180	4,82	34,8	2,54	3,73
UMAX = 1,958		m s						




Au-delà des entraînements communs et officiels à l'INSEP, où est situé le Centre National d'Entraînement de Pentathlon Moderne, les athlètes sont légitimement appelés à se prendre en charge au cours d'entraînements supplémentaires et notamment en natation. AQUACYCLE contribue à gérer les paramètres cycliques de la natation dans des contextes d'entraînement différents et en toute autonomie.

## Objectifs du Projet Aquacycle Pentathlon

- Proposer un outil utile à l'entraînement d'élite d'une discipline aquatique
- Répondre au cahier des charges d'une Fédération Olympique
- **Sensibiliser les partenaires fédéraux à la transversalité du concept**
- Convaincre de l'intérêt du transfert de technologie



AQUACYCLE a été commandé dans une version « Pentathlon Moderne » en 1999 pour encore optimiser le retour sur informations de l'athlète vis-à-vis de sa pratique en natation. Cet outil logiciel a été conçu par le Laboratoire d'Informatique Appliqué au Sport de l'INSEP (LIAS), pour favoriser la mise en place d'apprentissage du meilleur rapport cadence/vitesse à l'entraînement grâce au calcul individuel de « coups de bras » à réaliser par longueur de bassin. Si NATAVIT (Seyfried, 1994) représentait un outil sophistiqué de construction de séries ou d'appréciation de la charge métabolique pour l'entraîneur, AQUACYCLE a donc été conçu pour être prioritairement **un outil d'aide à l'entraînement utilisé par les athlètes eux-mêmes**.



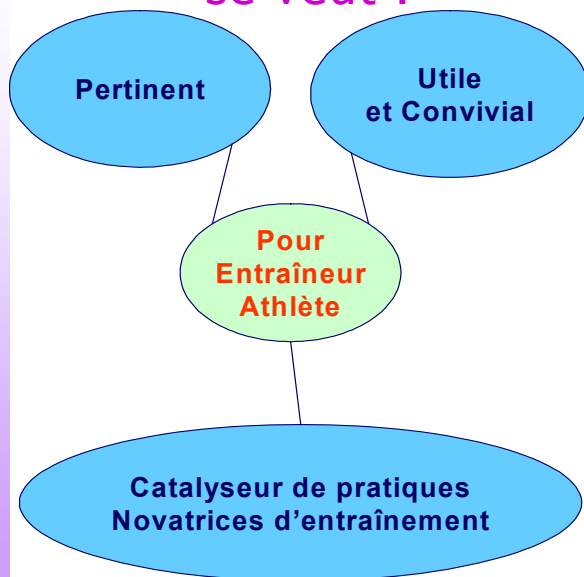
**Le cahier des charges d'AQUACYCLE :** Suite aux discussions menées avec J.P. Guyomarch, entraîneur national, et après validation du DTN, l'outil devait faciliter l'évaluation initiale et l'analyse de la performance pour les entraîneurs et permettre d'éditer des fiches de terrain pour les athlètes, mettant en valeur des consignes de réussite aussi simples que celui d'un nombre de coups de bras à réaliser pour un 50 m en un temps donné. Cet outil devait s'appuyer sur une méthodologie d'observation éprouvée (Pertinence), s'insérer dans un environnement ergonomique familier (Convivialité), et médier de nouvelles stratégies d'entraînement où l'athlète était nécessairement son propre témoin. Ce projet a donc été soutenu par le GIP « Sport d'Elite et Préparation Olympique » dans le cadre de la préparation des Jeux Olympiques de Sydney. Trois années ont été nécessaires pour le finaliser totalement. En effet, outre le développement informatique, le projet intégrait de manière concomitante des actions d'évaluation et de formation de cadres.

De septembre 1999 à juin 2000, le développement du projet s'est réalisé selon deux axes complémentaires :

- ❖ Evaluation périodique des pentathlètes pré-olympiques sur des tests cadence/vitesse de nage et détermination de vitesses « clefs » d'entraînement
- ❖ Elaboration d'un prototype logiciel destiné à tirer parti de ces évaluations

Les années 2001 et 2002 ont permis de peaufiner le logiciel (ergonomie, fonctionnalités plus évoluées), de l'éditer et de le diffuser pour les cadres nationaux, responsables des différents pôles d'entraînement (Aix en Provence, Font-Romeu, Talence).

## L'outil Aquacycle Pentathlon se veut :



## Il doit permettre :

- La mise en pratique de modèles pertinents d'évaluation à l'entraînement
- L'analyse de performances cycliques confrontées à des modèles individuels
- Des propositions et des repères pratiques pour l'entraînement d'élite.

## Utilité et convivialité d'Aquacycle (1)

- Environnement Windows
- Ergonomie moderne et utilisation intuitive de l'outil
- Possibilités d'entrées multiples sur les situations d'entraînement et d'analyse de la performance

Nageurs	
Nom	Né(e) le
CLERGEAU Olivier	
DELEDGHE Sébastien	11/11/1969
FRONTIER	
GUTBUET Axelle	01/05/2000
IBANEZ Olivier	12/05/1975
RUER Christophe	01/01/2000

Nages		
Nom	Description	Type
CRAWL NC		CRAWL NC

Tests		
Libellé	Date	Longueur
Test Cadence/Vitesse	19/04/1996	0,00
IN = 3.30	12/12/1999	25,00
Test Cadence/Vitesse	12/12/1999	0,00
	27/04/2000	25,00

## Utilité et convivialité d'Aquacycle (2)

- Environnement Windows
- Ergonomie moderne et utilisation intuitive de l'outil
- Possibilités d'entrées multiples sur les situations d'entraînement et d'analyse de la performance

Nageur: DELEIGNE Sébastien Fermer

Nage: CRAWL NC Ok

Séance: Test Cadence/Vitesse, Le : 19/04/1996

Longueur du bassin: 50.00

**Longueur de coulée observée** Analyse basée sur la relation Cadence / Vitesse :

Option 1: 4.00  $Cadence = 0V^2 + 41.45V + -21.62$

Option 2: 5.00

Option 3: 6.00

**Tableau des vitesses** Coups de bras

	V (m/s)	CT	Temps (s)	Option 1	Option 2	Option 3
V2 :	1.185	27.5	40.3	34	33	32
V3 :	1.284	31.6	37.2	36	35	34
V5 :	1.493	40.3	32	39	38	38
V7 :	1.71	49.3	27.9	42	41	40
VSA :	1.19	27.7	40.1	34	33	32
VMA :	1.28	31.4	37.3	36	35	34
VMAX :	1.71	49.3	27.9	42	41	40

## Utilité et convivialité d'Aquacycle (3)

- Environnement Windows
- Ergonomie moderne et utilisation intuitive de l'outil
- Possibilités d'entrées multiples sur les situations d'entraînement et d'analyse de la performance

Date: 16/05/2000 Analyse cyclique d'une performance Fermer

Heure: 18:30 Ok

Contexte: entraînement test INSEP

Nageur: DELEIGNE Sébastien

Nage: CRAWL NC

Modèle: Test Cadence/Vitesse, Le : 12/12/1999

Longueur du bassin: 50.00

Longueur de coulée observée: 5.00

Temps réalisé: 30.00

Cadence observée: 42.0

Coups de bras observés: 45.0

**Analyse basée sur la relation Cadence / Vitesse :**

$Cadence = 0V^2 + 49.86V + -31.22$

V	CO	CT	DCO	DCT	INO	INT
1.591	42	48.1	2.27	1.98	3.61	3.15

Coups de bras observés      Coups de bras théoriques

**Progresser en natation en utilisant AQUACYCLE :** Cet outil informatique d'aide à l'entraînement, développé dans un environnement Windows <sup>TM</sup>, est donc le seul qui permette de traduire le braquet optimal d'un nageur en un nombre de coups de bras adapté (nombre d'attaques de bras réalisé dans une longueur de bassin) et correspondant au temps réalisé sur cette distance. La préconisation du nombre de coups de bras à réaliser s'effectue sur la seule partie « nagée » qui exclue de la longueur de la piscine, la taille « bras tendus » ainsi que la longueur de la coulée effectuée. Ceci permet de replacer l'équation cadence/vitesse de nage dans un registre immédiatement utilisable par l'athlète et son entraîneur. A partir d'une feuille de paramétrage très simple à utiliser, la possibilité d'analyser ou d'entraîner est extrêmement rapide.

### La phase d'évaluation

**Le tableau des vitesses** présente l'affichage des vitesses de nages obtenues pour chaque pentathlonne au cours de tests préalables, sur des vitesses de référence (7 possibles) de même que les vitesses Vsa (vitesse de seuil anaérobie), Vma (vitesse maximale aérobie) et Vmax (Vitesse maximale).

**Le tableau des temps** correspond à des performances usuelles réalisables pour tous types de bassins.

**La relation cadence-vitesse** est établie à partir d'un test incrémental. Celui-ci est réalisé dans une zone d'observation de 12,5 m à 25 m, où sont mesurés sur 3 à 8 cycles, le temps et la cadence spontanée du nageur au cours d'au moins 4 paliers progressifs.

Il permet de proposer a posteriori pour chaque nageur testé, une distance par cycle (DC), une cadence (C) et un indice d'efficacité de nage (IN), théoriquement idéaux (DCT, CT et INT), pour toutes les vitesses utiles d'entraînement et de compétition. L'ajustement linéaire ( $CT = aV + b$ ) représente le modèle d'efficacité par excellence pour le nageur. L'entraîneur peut néanmoins choisir un modèle curviligne s'il a exceptionnellement à faire à un nageur moins expert. Une fois les valeurs saisies, une représentation graphique permet de choisir le modèle de régression, à l'origine du calcul de coups de bras à réaliser.

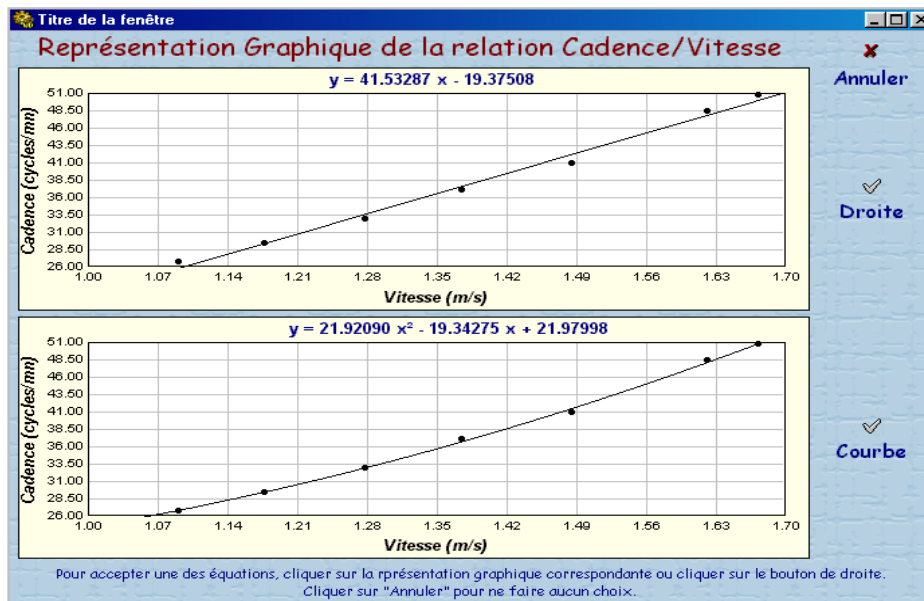
The screenshot shows the 'Feuille de Paramétrage de Test' window. It includes input fields for Date (22/10/2000), Nageur (Deleigne), Nage (Crawl), Libellé (Sierra Nevada 2000), Poids (75 kg), Taille (181 cm), Taille Bras Tendus (218 cm), and Majoration (200 cm). There are buttons for 'Sauver' and 'Fermer'. Below these are three main sections:

- Tableau des Vitesses (m/s):** A table with 7 rows and 2 columns. Values: (1, 1.16), (2, 1.21), (3, 1.32), (4, 1.36), (5, 1.45), (6, 0.00), (7, 0.00). To the right are Vsa (1,200), Vma (1,370), and Vmax (1,500).
- Tableau des Temps (s):** A table with 10 rows and 2 columns. The first column is 'Distance (m)' with values 0,00 and 25,00. The second column has values from 0,00 to 0,00 for rows 1 to 10.
- Relation Cadence / Vitesse:** A table with 12 rows and 5 columns: Temps, Cadence, DC, IN. Data for rows 1-6: (1, 15,10, 32,20, 2,16, 2,50), (2, 14,50, 38,40, 1,89, 2,28), (3, 13,25, 43,50, 1,82, 2,41), (4, 12,88, 48,10, 1,70, 2,30), (5, 12,40, 46,80, 1,81, 2,55), (6, 12,04, 51,80, 1,68, 2,45). Below this table is the equation: Equation Cadence / Vitesse : 0,00 v\*+ 60,02 v+ -35,67.

Other features include buttons for 'Supprimer une Ligne', 'Représentation Graphique', and 'Analyse Cyclique d'une Performance'. A 'Zone d'Observation du Test Cadence/Vitesse' is set to 17,50 (m).



# Modèles individuels Cadence/Vitesse



*L'Indice de Nage*, supposé être un indicateur « universel » d'efficacité aquatique est établi à partir du produit de la Distance par cycle et de la vitesse et permet de déterminer un nombre optimal de « coups de bras » sur une longueur de bassin. Cette valeur est intéressante lorsque des mesures d'Indice de Nage ont été réalisées en compétition.

Feuille de Paramétrage de Test

Date: 26/05/2001 | Poids (kg): 0 | Sauver | Fermer

Nageur: SAMINADIN | Taille (cm): 180

Nage: CRAWL | Taille Bras Tendus (cm): 230

Libellé: | Majoration (cm): 230

Relation Cadence / Vitesse | **Indice de Nage**

Indice de nage: 3,40

Tableau des Vitesses (m/s)

1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00

Vsa: 0,000  
Vma: 0,000  
Vmax: 0,000

Tableau des Temps (s)

Distance (m)	1	18,00
25,00	2	17,00
	3	16,00
	4	15,00
	5	14,00
	6	13,00
	7	12,00
	8	11,00
	9	0,00
	10	0,00

Analyse Cyclique d'une Performance | Objectif par rapport aux vitesses cibles | Objectif par rapport aux temps cibles

### La phase d'analyse :

Elle permet de faire un point très précis sur la performance d'un nageur observée au cours d'une longueur de bassin. L'entraîneur, après avoir mesuré la longueur de coulée de son nageur (le nageur ne réalisant pas de coups de bras sous l'eau) pourra comparer les données obtenues par le chronométrage, et la mesure des cadences avec :

- ❖ le modèle proposé par le logiciel (Cadence Observée vs Cadence Théorique, Distance par Cycle Observée vs Distance par Cycle Théorique etc....)
- ❖ les performances antérieures de l'athlète sur une épreuve comparable

## Fonction Analyse d'une longueur

**Analyse cyclique d'une performance** (Date: 05/03/2001)

Nageur: **DELEIGNE**

Nageur	Date	Longueur de Bassin	Longueur de coulée Observée	Temps Réalisé	Cadence Observée	CB Observés
DELEIGNE Sébastien						
SUISUET Axelle						
IBANEZ Olivier						
LEFRANCOIS						
LEFRANCOIS David						

Nage: CRAWL NC

Séance: IN = 3.30 (12/12/1999)

Test Cadence/Vitesse	Date	Longueur du bassin	Longueur de coulée observée	Temps réalisé	Cadence observée	CB observés
19/04/1996		50,00	5,00	30,20	46,3	43,0
12/12/1999						

IN = 3.30

Analyse basée sur la constante Indice de Nage : IN = 3.3

V	CO	CT	DCO	DCT	INO	INT
1.58	46.3	45.3	2.05	2.09	3.24	3.3

Coups de bras observés: 43

Coups de bras théoriques: 41

Ce test pourra bien sûr être enregistré dans la base de données réservée à l'athlète considéré et favoriser les discussions techniques avec lui !





### La phase d'entraînement :

L'objectif est bien d'indiquer soit pour une vitesse d'entraînement, soit pour un temps donné que le nageur observera au chronomètre mural, le meilleur rapport cadence/vitesse sous la forme très pratique d'un nombre de coups de bras correspondants.

## Fonction Entraînement : 2 options

### Choix de l'entraînement

- Objectif par rapport à des vitesses cibles
- Objectif par rapport à des temps cibles

  
Annuler  
Ok

## Vitesses types/Coups de Bras

**Tableau des objectifs par rapport aux vitesses prédéfinies**



Nageur:  CB Nage:  Fermer

Séance  
IN = 3.30 12/12/1999  
Test Cadence/Vitesse 12/12/1999  
Test Cadence/Vitesse 19/04/1996

Analyse basée sur la relation  
Cadence/Vitesse :  
 $Cadence = 0V^2 + 49.86V + -31.22$

Longueur du bassin:  (m)      Longueur de coulée observée:  
Option 1:     Option 2:     Option 3:

V	V (m/s)	CT	Temps (s)	Coups de bras		
V 1						
V 2	1.185	27.9	40.3	35	35	34
V 3	1.264	31.8	37.8	38	37	37
V 4						
V 5	1.493	43.2	32	43	43	42
V 6						
V 7	1.71	54	27.9	47	47	46
VSA	1.19	28.1	40.1	35	35	34
VMA	1.26	31.6	37.9	37	37	37
VMAX	1.71	54	27.9	47	47	46

 Vierge  
 Imprimer

## Temps usuels/Coups de bras

**Tableau des objectifs par rapport aux temps prédéfinis** Fermer

Nageur  CB Nage

ANANI Ludovic	2	CRAWL
ASTIER Raphaël	2	CRAWL
BERENYI Eric		
CHARBONNEAUX Alex		
CLERGEAU Olivier		

Séance

TEST 1 27/11/2000

Longueur du bassin  (m)

Longueur de coulée observée  
Option 1  Option 2  Option 3

Analyse basée sur la relation  
Cadence/Vitesse :  
 $Cadence = 0V^2 + 44.53V + -25.53$

Tps	Temps (s)	V (m/s)	CT	Coups de bras		
				Option 1	Option 2	Option 3
Tps 1	40	1.199	27.9	35	34	33
Tps 2	39.5	1.214	28.5	35	34	34
Tps 3	39	1.229	29.2	36	35	34
Tps 4	38.5	1.245	29.9	36	35	34
Tps 5	38	1.262	30.7	36	36	35
Tps 6	37.5	1.278	31.4	37	36	35
Tps 7	37	1.296	32.2	37	36	36
Tps 8	36.5	1.313	32.9	38	37	36
Tps 9	36	1.332	33.8	38	37	36
Tps 10	35.5	1.35	34.6	38	38	37

Vierge

Imprimer

Au-delà de la sortie « écran », plus pratique pour l'entraîneur que pour l'athlète, les fiches de terrain de format A4 destinées à être glissées dans des pochettes transparentes constituent un support très apprécié pour les athlètes. Ces fiches plastifiées placées au bord du bassin permettent de contrôler sa pratique en totale autonomie.

## Temps Cibles/Coups de Bras attendus (sortie papier pour le bassin d'entraînement)

**VIALA  
Cyril**

**CRAWL**

Longueur de bassin : 50 m

Tableau de Temps Cibles  
du 05/03/2001

Analyse basée sur la constante Indice de Nage :  
Cadence =  $0V^2 + 41.53V + -19.38$

Tps	Temps (s)	V (m/S)	CT	Longueur de Coulée		
				4.00	4.01	5.00
				CB 1	CB 2	CB 3
Tps 1	40,00	1,20	30,5	37	37	36
Tps 2	39,50	1,22	31,1	38	37	37
Tps 3	39,00	1,23	31,7	38	37	37
Tps 4	38,50	1,25	32,4	38	38	37
Tps 5	38,00	1,26	33,1	38	38	38
Tps 6	37,50	1,28	33,8	39	38	38
Tps 7	37,00	1,30	34,5	39	38	38
Tps 8	36,50	1,32	35,2	39	39	38
Tps 9	36,00	1,33	36,0	40	39	39
Tps 10	35,50	1,35	36,8	40	40	39



## Conclusions et perspectives pour le projet AQUACYCLE

Et si la technique était essentiellement une solution de biomécanique appliquée, qui permettrait, à moindre coût énergétique, de nager plus vite ?

La prise en compte individuelle du meilleur rapport amplitude/fréquence, et son application systématique à l'entraînement a conduit les pentathlètes à transformer techniquement leur cycle de nage par « apprentissage volontaire » avec l'aide « logistique » d'AQUACYCLE.

Modéliser la locomotion spontanée d'un nageur pour établir son profil individuel d'efficacité technique a donc constitué le but premier de ce projet. Ceci supposait plusieurs acceptations préalables :

❖ La participation des athlètes à leur propre apprentissage est gage de plus d'efficacité.

L'ensemble de la démarche que l'on peut qualifier de méthodologique positionne l'entraîneur comme « l'expert technicien » et l'athlète comme « responsable de son propre apprentissage ». Ce dernier doit donc volontairement, et au cours d'une période de forme, réaliser une évaluation simple et individualisée, en respectant scrupuleusement les consignes de son entraîneur ou évaluateur.

Lors de certains entraînements, le nageur doit accepter de « compter les coups de bras » réalisés sur une longueur de bassin et confronter le résultat avec le modèle élaboré par le logiciel. La perception de la différence entre le bilan et le modèle sert de déclencheur à l'apprentissage d'une meilleure efficacité technique.

❖ L'évaluation de chaque nageur peut être réalisée à travers deux investigations :

○ Le test Cadence/Vitesse ou le calcul de l'Indice de Nage

❖ Une nécessité de traitement mathématique des observations assisté par le logiciel :

○ Prise en compte de la longueur des coulées réalisées par le nageur,

○ Propositions de représentations graphiques à valider par l'entraîneur,

○ Création automatique d'une base de données spécifique permettant de se représenter les évolutions des modalités cycliques dans le plan de carrière de chaque nageur.

Une fois cette démarche adoptée, le logiciel AQUACYCLE rend aux pentathlètes et aux entraîneurs des services très pratiques pour la préparation ou l'analyse de séances d'entraînement ou de courses en compétition. Pour chaque vitesse clef d'entraînement, pour chaque temps observé ou à prévoir, le logiciel sait éditer des fiches destinées à être utilisées au bord du bassin. Ainsi, le nageur, en toute autonomie, peut confronter sa performance (tant chronométrique que cyclique) avec son modèle individualisé d'efficacité. L'entraîneur est tout autant intéressé par la possibilité d'analyser les courses (entraînement ou compétition). La dégradation éventuelle des modalités cycliques peut donc être objectivée et expliquée à l'athlète. Enfin, la sauvegarde des résultats des tests précédents contribue également à prendre conscience de la réelle évolution de ces modalités dans la carrière du sportif.

Les principales perspectives de ce projet logiciel destiné aux sports aquatiques cycliques sont les possibilités de détermination de vitesses et de cadences en temps réel.

Le Laboratoire d'Informatique Appliqué au Sport de l'INSEP développe sur la période 2002/2004 un projet financé par le Ministère des Sports où l'acquisition des données à l'origine des équations cadence/vitesse et Distance/Cycle/vitesse est acquise par télémétrie et en temps réel....

## Bibliographie :

**Brisswalter, J., C. Hausswirth** : Energetically optimal cadence vs. freely chosen cadence during cycling : effect of exercise duration. *Int. J. Sports Med.* 20: 1-5, 2000.

**Cavanagh P.R., Kram R.** : The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med. Sci. Sports Exercise*, 14 : 30-35, 1982.

**Cavanagh P.R., Kram R.** : Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement. *Med. Sci. Sports Exercise*, 17 : 326-331, 1984.

**Cazorla G.** : Contribution à l'étude de la performance en Natation. Apport des sciences biologiques. *Diplôme de l'INSEP, Paris*, 1978.

**Chollet D., Pelayo P., Delaplace C., Tourny C., Sydney M.** : Stroking characteristics variations in 100 m freestyle in different skill level swimmers. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 167-177, 1997.

**Coast, J.R., R.H. Cox** : Optimal pedalling rate in prolonged bouts of cycle ergometry. *Med. Sci. Sports Exercise*, 18 : 225-230, 1986.

**Costill D.L., Maglischo B.W., Richardson A.B.** : La Natation, *Vigot*, 215 p, 1994.

**Hagberg J.M., Mullin J.P., Giese M.D., Spitznagel E.** : Effects of pedalling rate on submaximal exercise responses of competitive cyclists. *J. Appl. Physiol.*, 51 : 447-451, 1981.

**Marsh A.P., Martin P.E.** : Effect of cycling experience, aerobic power and power output on preferred and most economical cycling cadences. *Med. Sci. Sports Exercise*, 29 : 1225-1232, 1997.

**Molen N.H., Rozendal R.H., Boon W.** : Graphic representation of the relationship between oxygen consumption and characteristics of normal gait of the human male. *Proc. Kon. ned. Akad. Wet.C. .*, 305-314, 1972

**Pai Y., Hay J.G., Wilson B.D.** : Stroking techniques of elite swimmers. *J Sports Sci*, 2 : 225-239, 1984.

**Pelayo P., Chollet D.** : Evaluation des paramètres de course sur les Finales A aux meetings Internationaux de Canet en Roussillon, (1990, 1991, 1992).

**Seyfried D.** : Tests du Centre National de Natation (FFN-INSEP); *Rapport des résultats au 15/4/92 des nageurs préolympiques*, 102 p, FFN, 1992.

**Seyfried D.** : Evaluer et Analyser pour mieux entraîner : exemple du système développé à l'INSEP pour l'olympiade 1992-1996. In *L'Entraînement*, (2), *Analyse de l'activité*, 137-154, *Atlantica*, 1997.

**Seyfried D., Van Hoecke J.** : Validation et intérêts du test Fréquence-Vitesse pour l'évaluation et l'entraînement du nageur de haut-niveau. In *Actes du Congrès, 5° Journées de l'ACAPS*, 339-340, *Caen*, 1993.

**Seyfried D., Araar N., Vallier J.M., Thomaidis M. :** Analyse de paramètres biomécaniques et physiologiques au cours d'un protocole aérobique réalisé en crawl chez 18 nageurs de haut-niveau. *In Actes du Congrès, 1<sup>o</sup> Journées spécialisées de Natation, Lille, 1994.*

**Seyfried D., Trepagny J.D. :** Conception et Développement du logiciel d'aide à l'entraînement NATAVIT pour les nageurs du CNE de l'INSEP. *In Actes du Congrès, 1<sup>o</sup> Journées spécialisées de Natation, Lille, 1994.*

**Seyfried D. :** Intérêts et Méthodologie du test Fréquence/Vitesse pour l'Evaluation et l'entraînement du nageur de 4 Nages. *In Actes du Congrès, 1<sup>o</sup> Journées spécialisées de Natation, Lille, 1994.*

**Sidney M., Pelayo P., Chollet D., Tourny C. :** Analyse des paramètres spatio-temporels en compétition et à l'entraînement. *In L'Entraînement, (2), Analyse de l'activité, 95-127, Atlantica, 1997.*

**Swaine I., Relly T. :** The freely-chosen Swimming Stroke-rate at a maximal Swim on a Biokinetic Swim Bench. *Medicine and Science in Sports and Exercise. 15 (5), 371-375, 1983.*

**Tourny C., Chollet D., Pelayo P. :** Variabilité de la distance par cycle et de la fréquence au cours d'épreuves compétitives en natation. *In Actes du Congrès, 3<sup>o</sup> Journées de l'ACAPS, Lille, 1991.*

**Wakayoshi K., Yoshida T., Ikuta Y., Mutoh Y., Myashita M. :** Adaptations to Six months of Aerobic Swim Training : Changes in Velocity, Stroke Rate, Stroke Length and Blood Lactate. *Int. J. Sports Med., 14 : 368-372, 1993.*

**Wakayoshi K., D'Acquisto L.J., Cappaert J., Troup J.P. :** Relationship between Oxygen Uptake, Stroke Rate and swimming Velocity in Competitive Swimming. *Int. J. Sports Med., 16 : 19-23, 1995.*

**Weissland T., Pelayo P., Vanvelcenaher J., Marais G., Lavoie J.M., Robin H. :** Physiological effects of variations of spontaneously chosen crank rate in incremental upper body exercise. *Eur. J. Applied Physiology, 76, 428-433, 1997.*

## Résumé :

Le projet Aquacycle “Pentathlon Moderne” est un programme qui a été réalisé entre 1999 et 2002 ayant pour objet d’optimiser la technique de nage des pentathlètes pré-olympiques. Dans ce contexte, il a été financé par le GIP SEPO, en charge du sport d’élite et de la préparation olympique.

Ce projet s’appuie sur 3 phases :

- ❖ Une phase d’évaluation des pentathlètes-nageurs (déterminations de vitesses-cibles, tests cadence-vitesse, indices de nage).
- ❖ Une phase d’élaboration d’un logiciel d’aide à l’entraînement spécifique (Aquacycle version Pentathlon).
- ❖ Une phase de formation de cadres.

Le logiciel AQUACYCLE, version Pentathlon Moderne est un logiciel d’aide à l’entraînement qui permet de traduire le résultat des évaluations individuelles cadence-vitesse de nage de chaque athlète en référentiel de « coups de bras » à réaliser pour une longueur de bassin.

Les points forts du logiciel sont :

- ❖ L’assistance logicielle au calcul et à l’exploitation de la relation cadence-vitesse
- ❖ Une fonction « analyse d’épreuves » permettant de confronter la performance à son modèle sur le plan des paramètres cycliques (Distance par cycle, cadence, Indice de nage)
- ❖ Une fonction « entraînement » qui permet de proposer pour des vitesses ou des temps pré-définis la réponse adéquate sur le plan des paramètres cycliques
- ❖ Des possibilités d’édition de fiches destinées au nageur lui-même.

Les perspectives du projet apparaissent en termes de :

- ❖ Actions d’évaluations prévues en 2003 (INSEP) et janvier 2004 (Ft Romeu) avec les équipes nationales
- ❖ Développement d’un outil télémétrique permettant de réaliser les évaluations cadence-vitesse et leur traitement en temps réel (2004-2005)
- ❖ Actions de formations de cadres pour les « Pôles-Pentathlon » dès janvier 2004 (Ft Romeu).