

DE L'ÉVALUATION DES NAGEURS DE HAUT NIVEAU... A LA DÉTECTION DES JEUNES «TALENTS»

Georges CAZORLA
Programme Évaluation
Mission Recherche
INSEP

Richard MONTPETIT
Département d'Éducation Physique
Université de Montréal

Patrice PROKOP
Direction Technique
Fédération Française de Natation

Dr Jean-Pierre CERVETTI
Médecin
Département médical de l'INSEP

Combien de fois n'ai-je pas entendu cette prédiction enthousiaste dans la bouche d'un entraîneur : «Ce petit, vous en entendrez parler dans quelques années».

Les années ont passé et l'on n'a très souvent rien vu, soit que le gamin ait abandonné la natation sportive, soit que ses performances, son assiduité à l'entraînement n'aient pas été celles que son entraîneur espérait.

Tout éducateur physique est un jour confronté à la nécessité de prédire un avenir sportif à un jeune à partir de l'observation et de l'analyse de ses potentialités, de son comportement «sur le terrain», de sa capacité d'adaptation aux problèmes techniques rencontrés.

Ce n'est pas d'aujourd'hui que des chercheurs ont tenté de mettre en évidence les facteurs de la valeur physique. Belin du Coteau avait ainsi déterminé dans les années 30 que les composantes de la valeur physique étaient constituées de l'addition et de la conjonction chez le même individu des valeurs de vitesse, adresse, résistance, force (V.A.R.F.).

C'était déjà la notion de tests généraux qui était ainsi révélée, sachant qu'ensuite restaient posés les problèmes individuels d'adaptation à une technique sportive spécifique.

La natation s'était toujours située très en retard dans l'analyse des facteurs de la performance, car on a longtemps pensé que, dans un sport peu pratiqué en compétition, les qualités dites de «glisse» (sans d'ailleurs pouvoir définir ce que recouvrait objectivement cette notion) étaient les seules capables d'induire la meilleure performance.

L'observation des meilleurs nageurs du monde en compétition ou à l'entraînement devait d'ailleurs conduire un observateur attentif à douter que ce fût la seule donnée de la réussite.

Dès 1976, sur ma demande, Georges Cazorla, alors professeur-sessionnaire à l'I.N.S.E.P., se mit au travail avec les moyens du bord, ses connaissances en physiologie et en natation mais aussi avec son enthousiasme, pour

tenter de nous aider à y voir clair et atteindre un certain nombre d'objectifs, à savoir :

1 — Déterminer les facteurs de la performance en natation.

2 — Élaborer dans différents domaines des tests simples permettant de classer les individus entre eux indépendamment d'un acquis technique.

3 — A partir des résultats obtenus, renseigner les individus et leur encadrement sur leurs chances d'atteindre le plus haut niveau de la compétition.

Très vite, Georges Cazorla sut intéresser à sa démarche diverses personnes ayant des compétences dans différents domaines et notamment l'équipe du professeur Rieu, Directeur du Laboratoire de physiologie de l'Université Paris V (Cochin), qui l'aidera d'autant mieux qu'il put utiliser les services de l'I.N.S.E.P. La direction de l'établissement inscrivait en 1977 la détection de la valeur physique au centre de ses préoccupations et se mettait ainsi en mesure de rendre les plus grands services aux fédérations, en fonction de leurs sollicitations.

Dès lors, à l'artisanat de départ fit place un processus d'expérimentations et d'analyses associant chercheurs et techniciens, processus dont les résultats permettent désormais, avec le recul nécessaire, à la F.F.N. de se fonder sur les résultats obtenus pour renseigner les nageurs, leurs parents et leurs entraîneurs sur leurs véritables chances et donc d'optimiser les résultats sportifs à terme.

La prochaine étape que doit se fixer la F.F.N., en liaison avec l'I.N.S.E.P., est de permettre la décentralisation de «l'outil évaluation», pour aboutir à une meilleure fidélisation de notre clientèle «espoir» qui a besoin de niveaux de compétitions variables pour éviter le découragement et entretenir les motivations que permettent les potentialités de base et la capacité de travail physique de chacun.

G. GAROFF *

* Directeur Technique National de la Fédération Française de Natation au moment de la rédaction de l'article

Jusqu'en 1976, le choix des candidats aux sections Natation-études se fondait uniquement :

- sur un dossier scolaire contenant en outre quelques informations médicales mais à caractère confidentiel,
- et sur les meilleures performances réalisées.

La performance, conséquence de l'état de forme ou de méforme dans lequel se trouve le sujet au moment où il la réalise, laisse apparaître son caractère aléatoire surtout lorsqu'elle est retenue comme élément unique de prédiction sportive. Compte tenu de l'intensification de l'entraînement et des contraintes sans cesse accrues que requiert la pratique à un haut niveau, ces seuls critères ont vite montré leurs limites. Le nombre restreint de pleines réussites en a souligné la précarité.

En 1977, avec la création du Centre National d'Entraînement de l'I.N.S.E.P., le problème s'est reposé dans toute son acuité. Dans l'intérêt des jeunes eux-mêmes, et de la société qui les prend en charge, avait-on le droit de les laisser s'orienter sans de meilleures garanties préalables vers la pratique intensive et contraignante du haut niveau ?

Consciente de la nécessité d'une sélection fondée sur des critères plus rigoureux, la Direction Technique Nationale de la Fédération Française de Natation a demandé la collaboration de nos services pour étudier et mettre en place un système permettant, à court terme, de mieux choisir les candidats aux sections Natation-Études et au Centre National d'Entraînement de l'I.N.S.E.P. et, à plus long terme, de repérer parmi les jeunes nageurs de notre pays, les éventuels «talents».

Dans cette dernière perspective, il est apparu comme prioritaire de choisir ou même d'élaborer des outils de mesure pertinents et valides qui, pour être utilisés le plus largement possible, devaient aussi s'avérer simples et de passation facile, tout en conservant une bonne fidélité. Leur pertinence était donc fonction des diffé-

rentes exigences de la natation pratiquée à un haut niveau.

Analyse des exigences de la haute performance en natation

Il s'est agi ici d'identifier, parmi les qualités fondamentales requises par toute pratique sportive (morphologiques, organiques, psychologiques, sociologiques) (note 1), celles qui sont exigées spécifiquement par l'activité *natation*.

La mise au point de cette analyse a nécessité le travail en commun d'équipes multidisciplinaires incluant : entraîneurs, psychologues, médecins, physiologistes, biomécaniciens, statisticiens et informaticiens (note 2).

L'objet de nos premières réflexions a été d'inventorier les facteurs dont l'interaction conditionne l'état dans lequel se trouve le nageur au moment

où il réalise sa meilleure performance. La performance, prise ici comme principal critère de cet «état» est sous l'étroite dépendance, non seulement de l'entraînement, mais aussi de tous les facteurs qui ont infléchi ou qui continuent d'infléchir cet état (fig. 1).

Les facteurs statiques

Ils comprennent des données, d'une part d'ordre génétique, et, d'autre part, se rapportant aux antécédents biographiques, médicaux, sportifs, sociologiques et psychologiques appartenant au passé du nageur. Ils constituent ainsi les *facteurs statiques* qui sont à l'origine et peuvent expliquer l'évolution de la performance du sujet.

Les facteurs dynamiques

Par rapport aux précédents, d'autres facteurs — hygiène de vie, environnement et surtout entraînement —

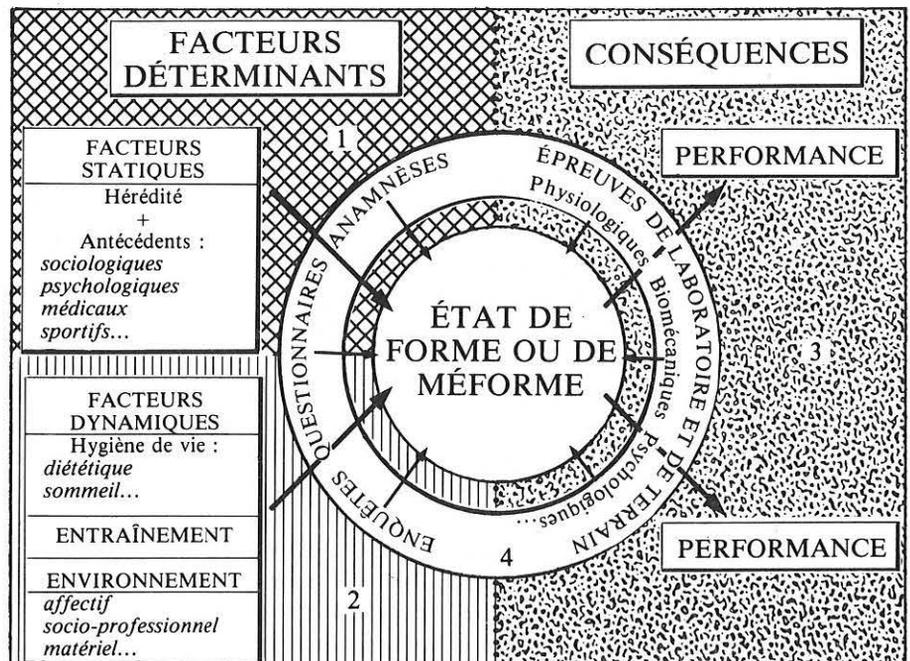


Figure 1 — Proposition d'un modèle de l'interaction des contingences principales qui conditionnent la performance

- 1 — Éléments du passé qui ont déterminé et 2 — Éléments du présent qui déterminent l'état de forme ou de méforme du sujet
- 3 — Conséquences de l'état de forme ou de méforme : performance et résultats aux tests
- 4 — Situation des outils d'un programme évaluation dont le but est de mieux cerner tous les facteurs qui sont intervenus et qui interviennent pour modifier l'état dans lequel se trouve le sujet au moment où il réalise sa performance

(1) Voir figure in CAZORLA (G.).- De l'évaluation en activité physique et sportive.- Dans le présent document.

(2) L'ensemble de ces travaux a été mené conjointement au Canada sous la responsabilité du Centre d'Éducation Physique de l'Université de Montréal et à Paris avec la collaboration de toutes les unités de la

Mission Recherche, du Département Médical, des entraîneurs et cadres techniques de l'INSEP et de la Fédération Française de Natation.

ont une action directe sur l'état de forme ou de méforme du sujet. C'est pourquoi nous les définissons comme **facteurs dynamiques**.

L'ensemble de ces renseignements a été réuni dans des dossiers informatisés rapidement exploitables, qui commencent à fournir de précieux renseignements sur quelques uns des déterminants de la haute performance (note 3).

A partir de cette approche globale commune à toutes les activités sportives, notre deuxième souci a été de mettre en évidence les qualités spécifiques requises par la haute performance en natation.

Les facteurs spécifiques

Le nageur de haut niveau est en premier lieu un athlète au développement harmonieux ne présentant

aucune contre-indication à la pratique intensive. Un examen médical approfondi et une évaluation de sa «sphère» psychologique se sont avérés indispensables à ce niveau.

Il lui faut ensuite être doté d'une *flottabilité* et de *dimensions corporelles* optimales lui permettant de réduire sa résistance à l'avancement (ou meilleure «*glisse*») et de rendre sa *propulsion* plus efficace. Cette dernière doit pouvoir être entretenue à son intensité maximale le plus longtemps possible, ce qui requiert un *approvisionnement énergétique* optimum.

Flottabilité, formes corporelles, propulsion et approvisionnement énergétique semblent constituer les facteurs déterminants de la réussite du nageur à la condition que son niveau de *motivation*, sa *résistance aux stress*, et sa *volonté* (note 4) soient à la

mesure de ses qualités biologiques (fig. 2).

C'est donc cet ensemble de *facteurs spécifiques* qu'il nous a semblé souhaitable d'évaluer chez le nageur de haut niveau afin d'établir, par les standards obtenus, une «*image cible*» ou «*image de référence*» vers laquelle devraient tendre les «*profils*» des jeunes futurs espoirs.

L'expérience acquise et les connaissances des spécialistes sportifs (notamment entraîneurs et cadres techniques nationaux) ont largement contribué à cette analyse qui a permis de mettre en évidence les variables à mesurer. Celles-ci précisées, il nous a fallu choisir et quelquefois créer leur outil de mesure, ce qui a constitué la deuxième étape.

Choix des mesures, élaboration d'outils adaptés et premiers résultats obtenus

Notre recueil de données, qui, dans un premier temps, inclut des mesures communes à toute activité sportive et d'autres plus spécifiques de la natation, est obligatoirement lourd à l'étape initiale de sa mise en place. Grâce aux différentes analyses statistiques et prospectives, il nous permet ensuite de ne retenir que les informations les plus pertinentes.

□ LES MESURES GÉNÉRALES ET LEURS PREMIERS RÉSULTATS

La somme des données recueillies constitue un volume très important. La totalité de ce document ne suffirait pas pour présenter l'ensemble de leur exploitation, aussi n'avons-nous sélectionné que celles présentant l'intérêt le plus immédiat.

Environnement

Il est remarquable de constater que l'élite française (équipe de France, sélectionnés aux Jeux olympiques et aux Championnats du monde) est en grande partie issue des classes sociales les plus aisées et de zones géographiques bien déterminées : Nord, Est, Couloir rhodanien, Sud-Est, Bassin parisien, et de quelques localités bien précises : Tours, Poitiers, Dinard.

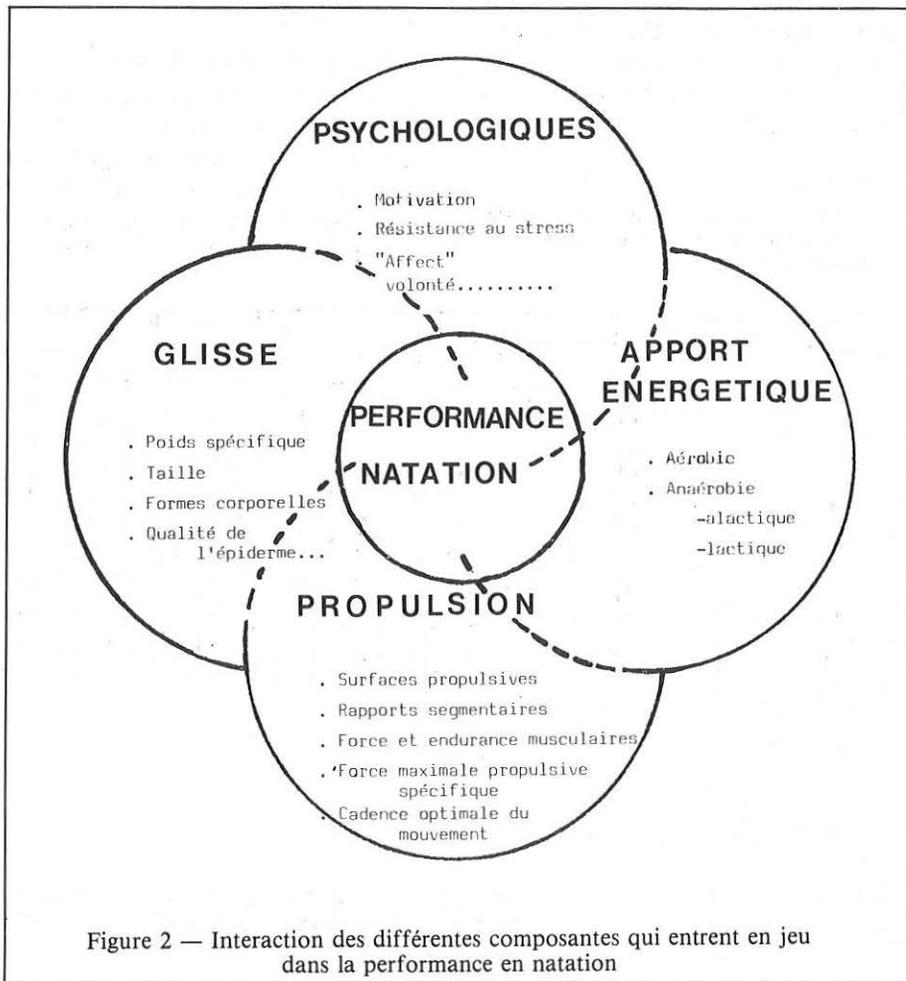


Figure 2 — Interaction des différentes composantes qui entrent en jeu dans la performance en natation

(3) — Enquête sociologique Pierre DANSE (unité de Sociologie de la Mission Recherche de l'INSEP). — Dossier MEDSPO (Laboratoire de Physiologie de Cochin Port-Royal).

(4) Les options méthodologiques utilisées par l'Unité de Psychologie de l'INSEP sont décrites dans l'article de Marc LEVEQUE. - L'évaluation à partir de critères psychologiques (dans le présent document).

Entraînement

Les nageurs s'entraînant un minimum de dix fois et parcourant plus de quarante kilomètres par semaine obtiennent les performances significativement les plus élevées. La même différence est remarquée chez les jeunes filles mais pour la distance charnière de trente cinq kilomètres. En outre, les meilleurs résultats sont observés chez celles qui ont ajouté à leur entraînement aquatique au moins trois séances hebdomadaires de renforcement musculaire «à sec».

Performances

Seuls les niveaux du 200 m et 400 m nage libre approchent celui des performances mondiales (exprimés en pourcentage du niveau de celles-ci ils atteignent respectivement 3 et 3,2 %). Le niveau des autres spécialités et celui des jeunes filles demeurent en revanche très éloignés, notamment dans le quatre nages et dans les distances longues.

□ MESURES SPÉCIFIQUES ET PREMIERS RÉSULTATS

La bonne pénétration dans l'eau — ou *glisse* —, dont dépend partiellement la dépense d'énergie et en con-

séquence la performance, est conditionnée par plusieurs facteurs. Certains d'entre eux sont mesurables, d'autres ne peuvent être appréciés que subjectivement :

— le poids dans l'eau et les formes corporelles qui déterminent la surface du maître couple (note 5), appartiennent au premier groupe;

— la qualité de l'épiderme et la manière dont chaque nageur organise ses particularités morphologiques pour minimiser la résistance rencontrée, au second.

Poids dans l'eau

Chaque nageur est pesé en immersion complète avec possibilité de respirer par l'intermédiaire d'un tuba. La mesure du poids spécifique est explorée à partir d'un système de jauges et d'un amplificateur du signal obtenu. Les courbes enregistrées sur table traçante à partir des différentes influences des phases respiratoires ont permis de constater une grande disparité entre les nageurs : alors que les jeunes

filles en général et les nageurs de longues distances sont en moyenne plus «légers» dans l'eau, cette qualité de flottaison ne s'observe pas chez les nageurs d'autres spécialités.

Cette différence de poids spécifique entre sujets peut nous amener à deux types de réflexion :

— hormis pour les distances longues, le poids spécifique ne semble pas être un facteur limitant la performance du nageur; encore faut-il que son importance soit compensée par d'excellentes capacités hydrodynamiques, propulsives et énergétiques;

— sur un plan pédagogique, on peut s'interroger sur le bien-fondé des techniques d'enseignement qui rejettent systématiquement et a priori tout matériel d'aide à la sustentation dans l'apprentissage de la propulsion. Existe-t-il de bons ou de mauvais matériels ou de bons ou de mauvais utilisateurs?

Mesures anthropométriques

Aux mesures classiques habituelles : taille, poids, rapports segmentaires, circonférences, diamètres, plis cutanés, nous avons ajouté des mesures plus spécifiques de la natation, notamment l'amplitude articulaire

(5) Nous savons que plus cette surface est grande, plus importantes sont les forces qui s'opposent à la translation du nageur.

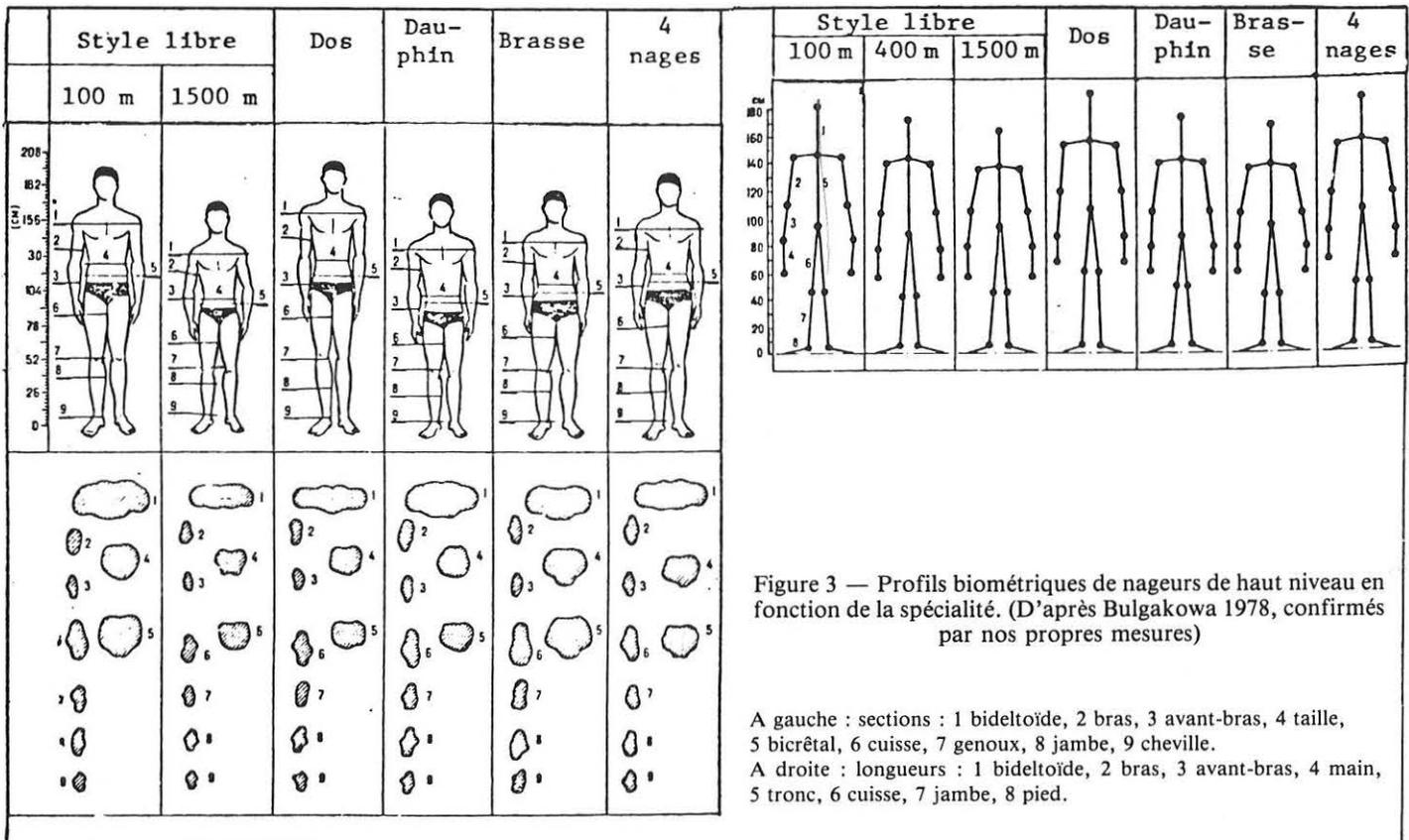


Figure 3 — Profils biométriques de nageurs de haut niveau en fonction de la spécialité. (D'après Bulgakova 1978, confirmés par nos propres mesures)

A gauche : sections : 1 bidelhoïde, 2 bras, 3 avant-bras, 4 taille, 5 bicrétal, 6 cuisse, 7 genoux, 8 jambe, 9 cheville.

A droite : longueurs : 1 bidelhoïde, 2 bras, 3 avant-bras, 4 main, 5 tronc, 6 cuisse, 7 jambe, 8 pied.

des épaules et des chevilles. Ceci nous a permis de déterminer des normes précises (moyennes, écarts-types, minimum-maximum) par sexe et par spécialité :

— conformément aux résultats publiés par Bulgakowa (fig. 3), (1)* les tailles et rapports segmentaires les plus importants caractérisent nos nageurs de vitesse en nage libre, dos et quatre-nages;

— nageurs de dos, de quatre-nages et de longues distances présentent une plus grande amplitude articulaire au niveau scapulaire, tandis que cette caractéristique est enregistrée au niveau des chevilles chez les brasseurs (flexion et rotation externe tibio tarsienne) et chez les sprinters de crawl et de dos (extension tibio-tarsienne);

— les valeurs moyennes des pourcentages de graisse sont significativement plus élevées chez les jeunes filles (19 % ± 4) que chez les garçons (11 % ± 3.8), ce qui pourrait partiellement expliquer la meilleure flottabilité des premières. Chez les garçons comme chez les filles, les valeurs de masse maigre les plus importantes ont été relevées chez les sprinters des distances les plus courtes : 50 et 100 m nage libre et à un niveau moindre en brasse, ce qui semble indiquer que la flottabilité a plus d'importance pour obtenir de meilleurs résultats sur les distances longues (800 et 1500 m), alors que la masse maigre joue un rôle non négligeable dans la propulsion de forte puissance et de courte durée.

Mesure de la traînée résultante ou résistance passive

Grâce à un appareillage incluant un moteur électrique relié par un système de courroies et poulies démultiplicatrices à l'axe d'un tambour autour duquel s'enroulait un câble de 25 mètres, nous avons tracté à différentes vitesses des nageurs en position horizontale passive (2-4).

La résistance opposée au déplacement était mesurée par un capteur à jauges monté sur une poulie libre dans la gorge de laquelle couissait le câble de traction (photo 1, fig. 4A et 4B).

Bien que la force de traînée résultante ainsi obtenue ne représente que partiellement la résistance totale du sujet au cours de la nage réelle (5-9), nos

résultats confirment la meilleure pénétration dans l'eau des nageurs de longues distances et des jeunes filles (tabl. 1 et 2).

	Résistance à 1 m/s (kg/F)	T.	Résistance à 2 m/s (kg/F)	T.
I Jeunes filles toutes spécialités n = 21	$\bar{M} = 5.58$ $\sigma = \pm .82$	I > II T = 3.36 S. à (P < .01)	$\bar{M} = 11.21$ $\sigma = \pm 1.01$	I > II T = 5.94 S. à (P < .001)
II Jeunes gens toutes spécialités n = 28	$\bar{M} = 6.32$ $\sigma = \pm .68$	I et III N.S.	$\bar{M} = 12.92$ $\sigma = \pm 1.00$	I > III T = 2.56 S. à (P < .02)
III Jeunes gens longues distances n = 15	$\bar{M} = 5.92$ $\sigma = \pm .56$	II > III T = 2.07 S. à (P < .05)	$\bar{M} = 12.02$ $\sigma = \pm .88$	II > III T = 3.07 S. à (P < .01)

Tableaux 1 et 2 - Différences des résistances hydrodynamiques obtenues en tractant en position allongée passive des nageurs(ses) de spécialités différentes

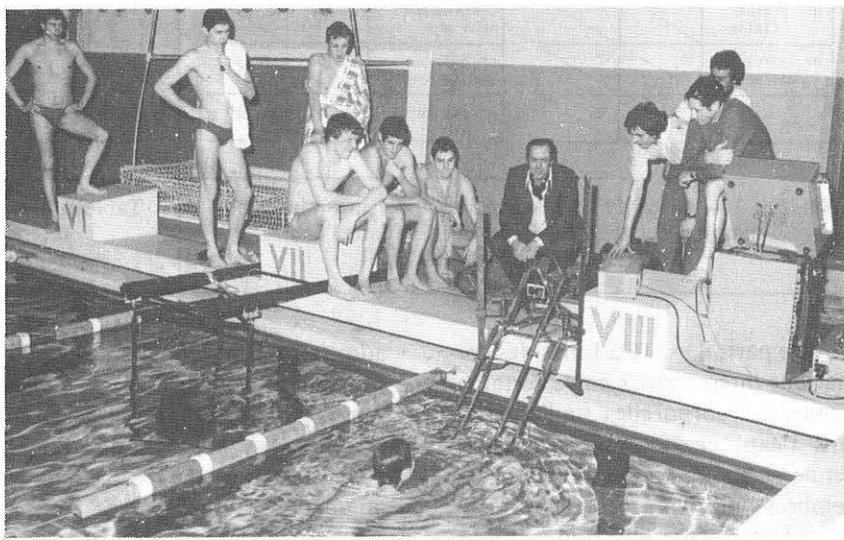


Photo 1 — Appareillage permettant l'évaluation de la résistance hydrodynamique du nageur au cours d'une traction passive à plusieurs vitesses
Le nageur est tracté par l'intermédiaire d'un fil en acier s'enroulant autour d'un tambour dont la vitesse de rotation peut être modulée

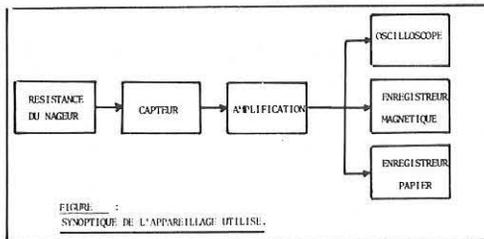
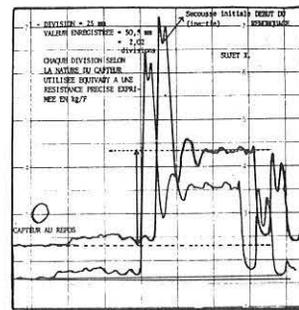


FIGURE 4A : SYNOPTIQUE DE L'APPAREILLAGE UTILISE.



ENREGISTREMENT SUR TABLE TRAÇANTE DE 20 mètres de déroulement de nageur. Le tracé inférieur représente le signal enregistré directement. Le tracé supérieur le signal après enregistrement magnétique. Le décalage correspond à celui des rités d'enregistrement et de lecture à la vitesse de défillement choisie.

Figure 4A — Les résistances correspondant aux différentes vitesses sont obtenues grâce à une poulie libre (solidaire d'un capteur), dans les gorges de laquelle couisse le fil acier

Figure 4B — L'enregistrement est obtenu sur table traçante

* Les chiffres entre () renvoient aux notes bibliographiques

n = 10 Jeunes Gens	RESISTANCE			RESISTANCE	
	A 1 m/s	A 2 m/s		A 1 m/s	A 2 m/s
POIDS	.67 s = 5%	NS	LARGEUR BIACROMIALE	NS	.69 s = 5%
MASSE MAIGRE	.78 s = 1%	.61 s = 5%	LARGEUR BICRÈTE	.83 s = 1%	.64 s = 5%
% GRAISSE	NS	NS	LARGEUR THORAX	.82 s = 1%	.71 s = 1%
SURFACE CORPORELLE	.87 s = 1%	NS	PROF. THORAX	NS	NS
TAILLE	.81 s = 1%	.59 s = 5%	LARGEUR COUDE	NS	NS
TAILLE ASSIS	NS	NS	LARGEUR POIGNET	NS	NS
ENVERGURE	.92 s = 1%	.65 s = 5%	LARGEUR GENOU	NS	NS
HT. FOURCHETTE STERNALE	.61 s = 5%	NS	LARGEUR CHEVILLE	NS	NS
HT. EPINE ILLIAQUE	.76 s = 1%	.58 s = 5%	CIRCONFERENCE BDELTOÏDIENNE	.90 s = 1%	.65 s = 5%
L. ACROMION-MEDIUS	NS	NS	CIRCONFERENCE THORAX INSPIRAT.	.78 s = 1%	NS
POINT STYLIEN-MEDIUS	NS	NS	CIRCONFERENCE THORAX EXPIRATION	NS	NS
LONG. POINT RADIAL MEDIUS	.90 s = 1%	.71 s = 1%	CIRCONFERENCE BRAS RELACHE	.84 s = 1%	.73 s = 1%
LARG. MAIN	.58 s = 5%	NS	CIRCONFERENCE BRAS CONTRACTE	.85 s = 1%	.70 s = 5%
HT. PLATEAU TIBIAL	NS	NS	CIRCONFERENCE AVANT BRAS	.88 s = 1%	NS
HT. POINT MALLEOLAIRE	NS	NS	CIRCONFERENCE BASSIN FLESSIER	.77 s = 1%	NS
LONG. PIED	.70 s = 5%	NS	CIRCONFERENCE CUISSE	NS	NS

n = 9 jeunes filles	RESISTANCE			RESISTANCE	
	A 1 m/s	A 2 m/s		A 1 m/s	A 2 m/s
POIDS	.78 s = 1%	.67 s = 5%	LARGEUR BIACROMIALE	NS	NS
MASSE MAIGRE	.83 s = 1%	.72 s = 5%	LARGEUR BICRÈTE	NS	NS
% GRAISSE	NS	NS	LARGEUR THORAX	NS	NS
SURFACE CORPORELLE	NS	NS	PROFOND. THORAX	NS	NS
TAILLE	NS	.85 s = 1%	LARGEUR COUDE	NS	NS
TAILLE ASSIS	NS	NS	LARGEUR POIGNET	NS	NS
ENVERGURE	.66 s = 5%	NS	LARGEUR GENOU	NS	NS
HT. FOURCHETTE STERNALE	NS	NS	LARGEUR CHEVILLE	NS	NS
HT. EPINE ILLIAQUE	.65 s = 5%	.90 s = 1%	CIRCONFERENCE BDELTOÏDIENNE	NS	NS
L. ACROMION-MEDIUS	NS	.85 s = 1%	CIRCONFERENCE THORAX INSP.	.73 s = 1%	.60 s = 5%
POINT STYLIEN-MEDIUS	NS	NS	CIRCONFERENCE THORAX EXP.	NS	NS
LARGEUR MAIN	NS	NS	CIRCONFERENCE BRAS	NS	NS
HT. PLATEAU TIBIAL	NS	NS	CIRCONFERENCE AVANT BRAS	.80 s = 1%	NS
HT. Pt MALLEOLAIRE	NS	NS	CIRCONFERENCE BASSIN + FLESSIS	NS	NS
LONGUEUR PIED	NS	NS	CIRCONFERENCE CUISSE	NS	NS
LARGEUR PIED	NS	NS	CIRCONFERENCE MOLLET	NS	NS

Tableau 3 — Grille de corrélations entre mesures anthropométriques et résistance à la traction dans l'eau (Jeunes gens de niveau national)

Tableau 4 — Grille de corrélations entre mesures anthropométriques et résistance à la traction dans l'eau (Jeunes filles de niveau national)

D'autre part, il existe à 1 m/s des corrélations intéressantes entre certaines dimensions corporelles (taille, poids dans l'eau, circonférences bideltoïdienne et bassin-fesses, longueur des membres inférieurs, surface corporelle...) et la force hydrodynamique ainsi enregistrée. A 2 m/s, ces corrélations sont modifiées (tabl. 3 et 4) ce qui peut indiquer qu'à cette vitesse le nageur trouve un meilleur profil hydrodynamique ou/et que la force de portance déjauge le corps — notamment les membres inférieurs — ce qui réduit d'autant le maître-couple et module l'importance de certains rapports segmentaires.

La traînée ainsi mesurée est une fonction du maître-couple, du poids dans l'eau, de plusieurs caractéristiques morphologiques et plus particulièrement de la taille, de la circonférence bideltoïdienne et bassin-fesses.

Remarque : L'idée couramment

admise, selon laquelle la meilleure forme hydrodynamique serait représentée par des épaules larges, ne correspond pas à la réalité. En effet, plus la surface du maître-couple est augmentée frontalement, plus les résistances enregistrées augmentent. La largeur des épaules est la conséquence du type de propulsion qui sollicite électivement les membres supérieurs et qui est à l'origine de l'augmentation des masses musculaires des épaules.

Applications au plus grand nombre

Parallèlement aux tests dont les mesures nécessitent un appareillage sophistiqué et coûteux, pour tenter d'évaluer les mêmes dimensions, nous avons chaque fois proposé des épreuves ou mesures de terrain simples et accessibles au plus grand nombre.

Dans le domaine hydrodynamique, cette démarche nous a permis de valider trois tests simples utilisables par

tous les éducateurs soucieux d'évaluer les capacités aquatiques des nageurs en formation.

□ *Premier test* ou test de flottabilité
Ce test peut être proposé à tous, nageurs et non nageurs. Il se déroule de préférence dans un endroit du bassin où le niveau de l'eau atteint la poitrine du sujet. Celui-ci est placé sur le dos en position horizontale sur l'eau par un aide (professeur ou autre élève) qui le maintient dans cette position en plaçant une main sous ses cuisses et l'autre au niveau de ses omoplates.

Les bras de l'évalué demeurent droits le long du corps, les paumes des mains à plat sur le côté externe des cuisses. Les membres inférieurs sont serrés et maintenus tendus durant tout le test. Après blocage d'une inspiration forcée complète, au signal de l'éducateur, l'aide lâche l'évalué. La durée qui est nécessaire pour retrouver la position verticale, pieds au

fond du bassin jambes droites, est chronométrée au 1/10 de seconde (tabl. 5).

Niveau de flottabilité	Durée (secondes)
médiocre	au-dessous de 4
moyenne	de 4 à 7
bonne	de 7 à 10
excellente	au-dessus de 10

Tableau 5 — Évaluation de la flottabilité horizontale : durée nécessaire aux membres inférieurs pour passer de la position horizontale à la position verticale dans l'eau.

□ *Deuxième test* ou test du niveau de flottaison

Exécuté en eau profonde, ce test est réservé aux évalués sachant nager. Comme précédemment, les bras du sujet sont placés le long du corps, les paumes des mains contre les cuisses, mais la position est ici verticale. Après blocage d'une inspiration forcée, on note le niveau de flottaison (tabl. 6).

Flottabilité	Niveau de flottaison
nulle	tête immergée
médiocre	front
moyenne	nez
bonne	menton
excellente	cou

Tableau 6 — Évaluation du niveau de flottaison verticale

□ *Troisième test* ou test de «glisse»
Le test se déroule dans la ligne d'eau

la plus proche d'un des bords du bassin préalablement étalonné de 5 en 5 cm.

Après l'arrêt complet d'une coulée et glissée ventrale consécutive à une répulsion maximale des membres inférieurs contre le bord du bassin, on mesure la distance qui sépare l'extrémité des pieds du bord où a été effectuée la répulsion. Pendant toute la durée du test, les bras du sujet sont en avant et sa face immergée.

Nous n'avons établi ici que les standards des nageurs de haut niveau. Ceux des nageurs débutants et espoirs d'âges et de sexes différents font actuellement l'objet de nouvelles études dont les résultats seront prochainement publiés.

Évaluation de la force de propulsion

Des études préalables ont mis en évidence l'absence de relation entre la force de traction des bras mesurée à sec et dans l'eau (24). Pour respecter le plus possible la spécificité de la nage, nous n'avons retenu dans cette étude que les forces de traction déterminées dans l'eau selon deux protocoles : *statique* et *dynamique*.

Les résultats respectifs montrent de fortes corrélations entre les deux, ce qui permet de retenir indifféremment l'un ou l'autre.

□ *Technique du nageur attaché* (photos 2A et 2B)

Par l'intermédiaire d'une ceinture et d'un câble qui n'exercent aucune

entrave aux mouvements de nage, le sujet est relié à un capteur à jauges, prolongé d'une chaîne électronique de mesures (fig. 4A - 4B) dont l'ensemble enregistre les forces de traction exercées au cours de la nage sur place. L'inconvénient de cette technique est d'ordre biomécanique. La nage sur place oblige le sujet à rechercher des «appuis» difficiles dans un environnement sans cesse perturbé et le style s'en trouve modifié. C'est pourquoi nous avons mis au point une nouvelle technique mieux adaptée aux conditions réelles de nage.

□ *Technique des charges différentes à tracter* (6) (photo 3)

Il est demandé au sujet de nager au maximum de ses possibilités pendant plusieurs séquences de 7 à 8 secondes chacune. Au cours de celles-ci, il tracte horizontalement une charge différente maintenue suspendue sur un chariot dont la vitesse de déplacement sur le bord du bassin est rigoureusement assujettie à celle que peut développer le nageur. La charge est ainsi maintenue au même niveau. La vitesse du nageur est mesurée par un cinémographe constitué d'une cellule photo-électrique et d'un tambour libre que le nageur déroule par l'intermédiaire d'un fil de nylon qu'il tracte aussi au cours de la nage.

L'ensemble des couples de points obtenus : vitesses—charges, s'ajus-

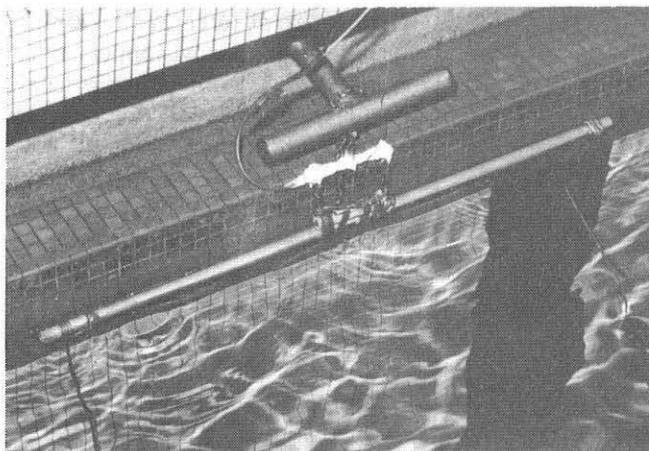


Photo 2A — Évaluation de la force de traction
Grossissement du capteur et de l'appareillage utilisé

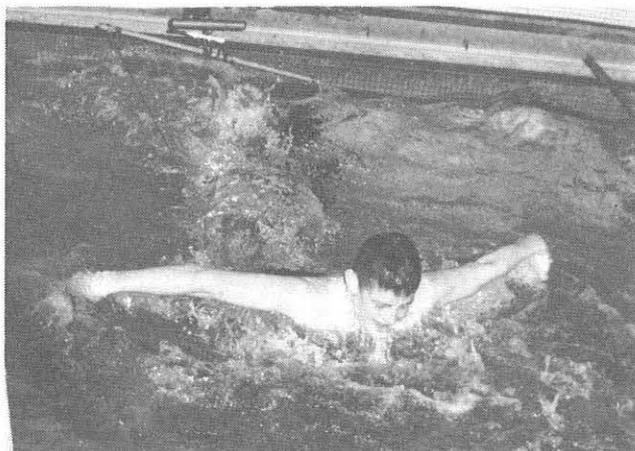


Photo 2B — Technique du nageur attaché
Le sujet nage sur place, ce qui modifie sensiblement sa technique

Les forces sont enregistrées par l'intermédiaire d'un capteur communiquant avec la même chaîne de mesures que celle utilisée pour obtenir la résistance à la traction passive

tent significativement à une fonction linéaire (fig. 5A - 5B). L'extrapolation de la droite linéaire ainsi calculée, au point de vitesse nulle, donne la charge maximale théorique que le nageur est capable de tracter ou **force propulsive maximale**. Les calculs informatisés sont effectués sur le bord du bassin par microprocesseur, ce qui permet de donner immédiatement les résultats au nageur et à son entraîneur.

Résultats

- 1) Une bonne corrélation existe entre la distance de nage habituelle et la force propulsive maximale. Les meilleurs spécialistes (masculins et féminins) de distances courtes obtiennent les valeurs les plus élevées.
- 2) Les plus grandes forces de traction ont été enregistrées chez les spécialistes de brasse, de crawl (distances courtes) et de papillon. Les plus fai-

bles, chez les spécialistes de dos et de distances longues.

3) Les nageurs(es) pratiquant la musculation à sec présentent de meilleures performances sur distances courtes et une force propulsive maximale significativement plus élevée que ceux (celles) ne la pratiquant pas.

Remarque

L'efficacité de la propulsion peut être appréciée par l'entraîneur en notant d'une part le nombre de cycles propulsifs des bras d'un sujet, et d'autre part la vitesse exprimée en m/s réalisée au cours d'un vingt mètres (départ lancé sur cinq mètres) nagé à vitesse maximale. Plus le rapport nombre de cycles / vitesse de nage (en m/s) est faible, meilleure est l'efficacité.

— exemple 1 — 20 m en 10 s = 2 m/s avec 12 cycles de bras = $\frac{12}{2} = 6$

— exemple 2 — 20 m en 10 s avec 10 cycles de bras = $\frac{10}{2} = 5$

De ces deux exemples, le second indique le nageur qui présente la meilleure efficacité propulsive.

Évaluation des potentiels énergétiques

Du point de vue énergétique, le nageur *idéal* serait celui qui pourrait disposer à la fois de fortes puissances anaérobies et aérobie et d'une capacité de les maintenir à leur niveau le plus élevé pendant le plus longtemps possible. En fait, toutes ces qualités, qui sont subordonnées à la répartition des différentes fibres musculaires, à leur approvisionnement énergétique et à leurs pouvoirs enzymatiques, se trouvent rarement réunies chez un même sujet. Il est alors opportun de déterminer son aptitude dominante pour l'aider à s'orienter vers les distances sur lesquelles il pourra davantage satisfaire à ses ambitions sportives.

Étant donnée l'interaction constante entre les qualités hydrodynamiques, biomécaniques, psychologiques et énergétiques, il nous a fallu définir des tests spécifiques explorant en situation les différentes capacités métaboliques.

□ Fibres musculaires

Il est désormais possible d'établir une

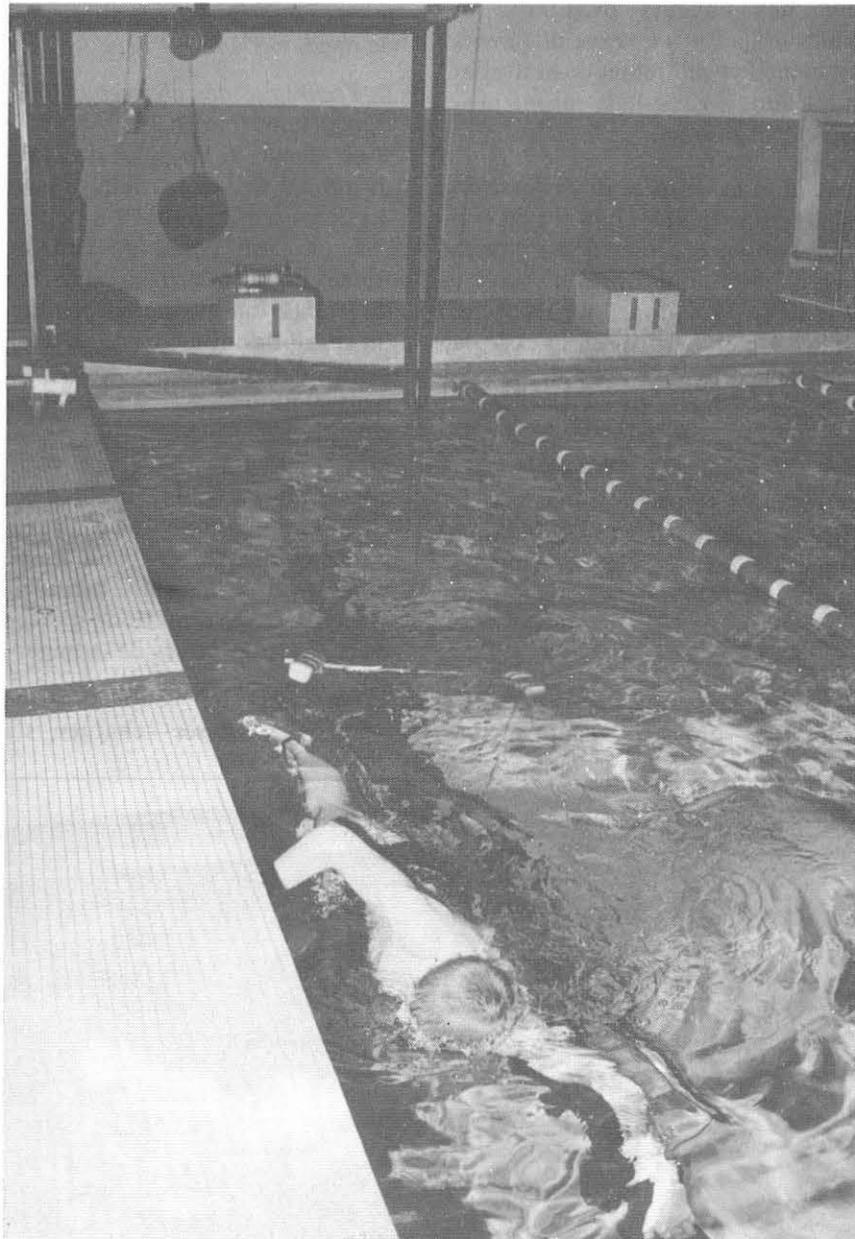
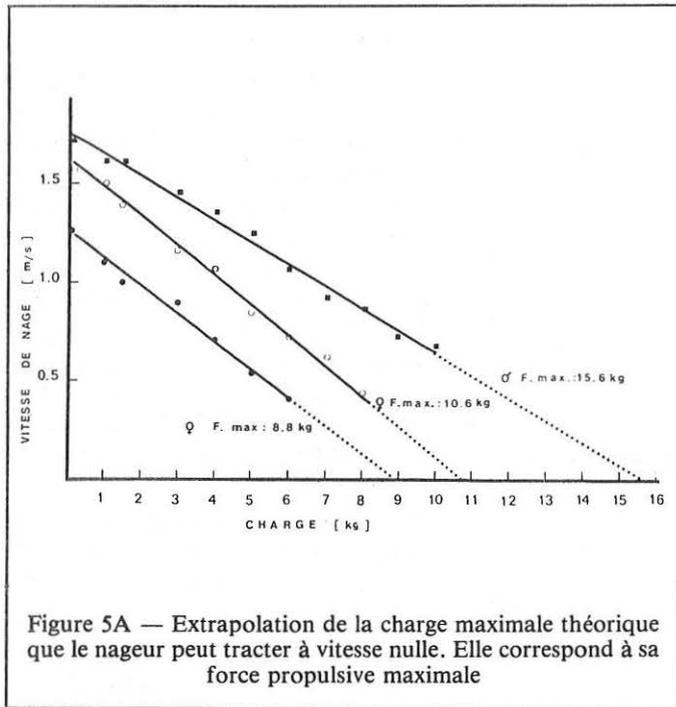


Photo 3 — Évaluation de la force de propulsion

Technique des charges différentes à tracter : un chariot, se déplaçant sur le bord d'un bassin à la même vitesse que le nageur, permet de supporter les différentes charges. Vitesses de déplacement et charges sont enregistrées pour permettre le calcul de la force maximale du nageur (fig. 5A et 5B)



RESULTATS - FORCE MAXIMALE

SUJET	SEXE	NC*	FORCE MAX. (KG)	CORRELATION (R)
1	F	11	9,47	0,991
2	F	8	8,82	0,994
3	F	8	8,20	0,990
4	F	8	11,55	0,998
5	M	9	10,85	0,957
6	M	13	15,57	0,968
7	M	10	13,66	0,988
8	M	12	17,16	0,993
9	M	10	15,64	0,992
10	M	9	16,46	0,988
11	M	8	16,24	0,980
12	M	4	18,19	1,000

MOYENNES: 9,51 KG
 * NOMBRE DE CHARGES 15,47 KG

Figure 5B — Nombre de charges utilisées par sujet pour obtenir l'ajustement linéaire (charges - vitesses de déplacement)

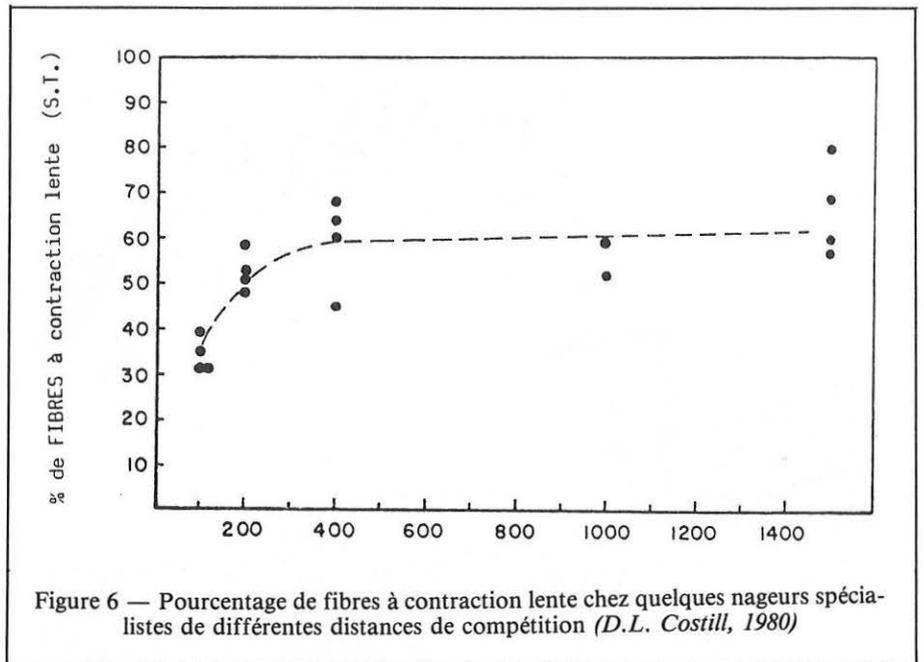
relation directe entre la répartition prédominante d'un type de fibres, le métabolisme préférentiel et l'aptitude énergétique requise par une distance de nage (fig. 6). Les sujets dotés de muscles à fort pourcentage de fibres à contraction rapide ont plus de chances d'exceller sur les distances courtes (50-100 m). Au contraire, ceux dont le pourcentage de fibres à contraction lente est nettement plus élevé ont plus d'avenir sur les distances longues (800 - 1500 m).

Bien que cette répartition dépende du patrimoine génétique, il semble que le type d'entraînement auquel les sujets se soumettent puisse modifier assez considérablement l'aspect fonctionnel de leurs fibres.

C'est donc dans cette double perspective que nos recherches furent entreprises au Centre d'Éducation Physique de l'Université de Montréal (18). Des échantillons musculaires furent prélevés par biopsie dans le triceps brachial chez quelques nageurs de haut niveau.

— *Sur le plan histologique*, seuls les nageurs de sprint présentaient effectivement un pourcentage plus élevé de fibres à contraction rapide. Aucune différence significative ne fut relevée chez les autres.

— *Sur le plan biochimique*, il fut remarquable de constater, indépen-

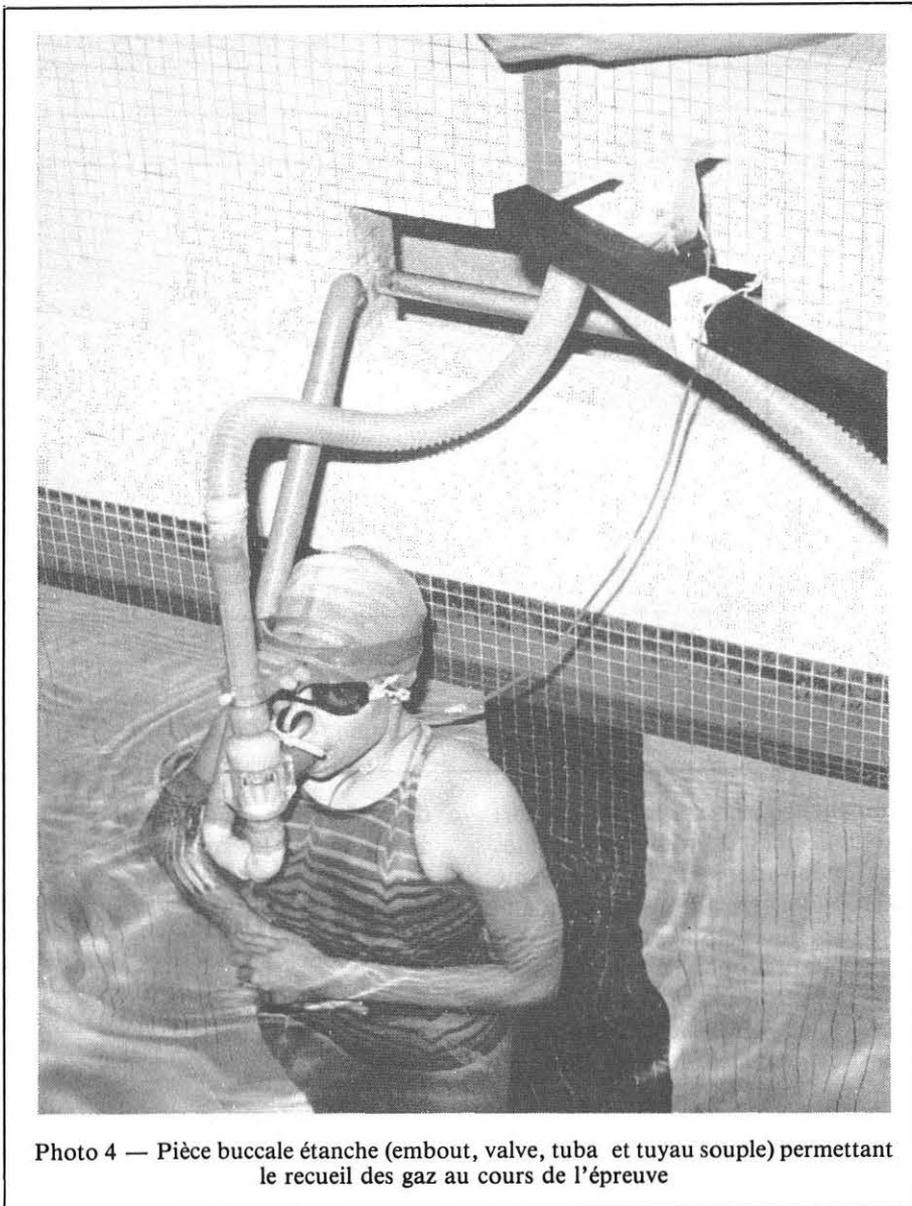
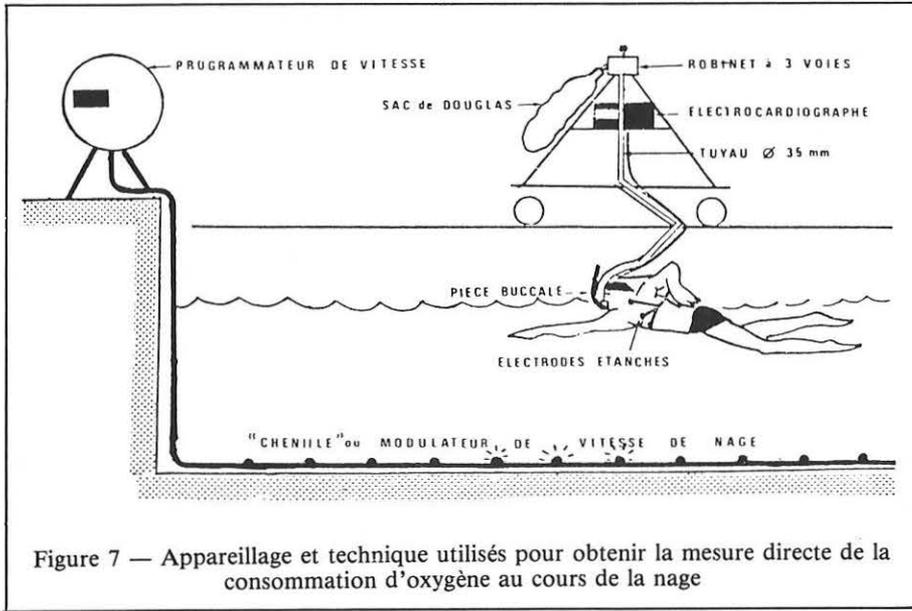


damment de leur spécialité, un fort développement de tous les enzymes intervenant dans le métabolisme anaérobie, et ce, au niveau des deux types de fibres (S.T. et F.T.). Ce résultat est probablement dû à la forme d'entraînement (12 à 18 kilomètres nagés quotidiennement à des intensités variables, souvent élevées).

On peut alors se demander si, à terme, le développement des potentiels aérobie de toutes les fibres ne se fait pas au détriment de leur vitesse

de contraction, ce qui serait de nature à défavoriser les sprinters.

Bien que l'étude des fibres présente d'indiscutables avantages au niveau de la recherche, les biopsies qu'elle requiert ne permettent pas une utilisation pour l'évaluation de tous les nageurs de haut niveau et a fortiori pour la détection d'éventuels futurs talents. C'est pourquoi nous n'avons retenu dans notre protocole que les mesures indirectes des différents métabolismes cellulaires.



□ Consommation maximale d'oxygène (ou $\dot{V}O_2 \max$)

La connaissance des limites de l'apport et de l'utilisation cellulaire de l'oxygène s'avère d'une grande importance non seulement comme base de prévision d'une performance de longue durée, mais aussi pour ce qui concerne la récupération et surtout la planification individualisée des charges d'entraînement à proposer au nageur. Dans ces deux dernières perspectives, un $\dot{V}O_2 \max$ élevé peut donc indirectement favoriser les performances même de moyenne et de courte durée.

Des études préalables (2) ont mis en évidence l'absence de relation entre les $\dot{V}O_2 \max$ obtenus sur tapis roulant et les performances en natation. De plus, l'épreuve de course sur tapis roulant est peu appréciée par les nageurs, surtout dans les phases cruciales de leur préparation; c'est pourquoi il nous a fallu mettre au point une technique totalement originale de mesure directe de la consommation maximale d'oxygène au cours de la nage.

• Technique de mesure directe du $\dot{V}O_2 \max$ au cours de la nage

L'épreuve se déroule en bassin de 50 m (un bassin de 25 m peut aussi être utilisé), et des paliers de vitesses de nage progressivement croissantes sont imposés par un programmeur électronique commandant la mise sous tension de lampes disposées au fond du bassin (fig. 7). Les gaz expirés sont recueillis grâce à un ensemble étanche embout buccal—valve (photo 4) et orientés par un tuyau souple dans des sacs de Douglas transportés par un chariot sur le bord du bassin. La fréquence cardiaque est également contrôlée en continu grâce à des électrodes rendues étanches et reliées à un électrocardiographe placé dans le chariot.

Résultats : après validation de la méthode (3)

Les valeurs brutes des $\dot{V}O_2 \max$ exprimées en litres par minute ($l \cdot \min^{-1}$) nous permettent aujourd'hui d'établir les premières normes par âge, sexe et niveau (fig. 8 et tabl. 7). Les résultats obtenus avec les équipes de France (tabl. 8 et 9)

	ESPOIRS n = 144									ÉLITES n = 30	
	Filles				Garçons					Filles	Garçons
	21	21	15	6	8	20	11	27	15	15	15
Nombre	21	21	15	6	8	20	11	27	15	15	15
Age (années)	11-12	13	14	15	12	13	14	15	16-17	16	17
$\dot{V}O_2$ max l/min	2.68 ± 0.34	2.69 ± 0.38	2.86 ± 0.44	2.81 ± 0.26	2.77 ± 0.8	3.32 ± 0.69	3.65 ± 0.66	3.89 ± 0.38	4.17 ± 0.51	3.48 ± 0.46	4.79 ± 0.34
$\dot{V}O_2$ max ml/min/kg	58.3 ± 5.1	53.8 ± 6.8	54.7 ± 6.6	52.6 ± 5.5	57.9 ± 7.1	63.5 ± 6.2	62.7 ± 8.3	61.2 ± 5.2	62 ± 3.1	60.4 ± 4.2	65.4 ± 3.9
F.C.	187.5 ± 5.4	188.2 ± 6.2	185.8 ± 7.8	190.2 ± 6.9	190.0 ± 6.0	188 ± 7.0	186 ± 8.2	186.8 ± 6.6	183.8 ± 5.6	177.3 ± 8.8	177.4 ± 7.8

Tableau 7 — $\dot{V}O_2$ max et leurs caractéristiques obtenues au cours de la nage — Classement par sexe, âge et niveau

	n		Ages	l.min ⁻¹	ml.min ⁻¹ .kg	F.C. b/min	Lactate mg/l	Vitesse de nage
100-200 Crawl	6	\bar{x} ±	19.5 2.95	3.54 .38	55.03 5.87	187.17 5.42	732.83 202.32	1.31 .04
400-800 Crawl	3	\bar{x} ±	16.33 1.53	3.07 0.57	58.92 9.01	186.67 14.43	496. 55.57	1.28 0.03
Brasse	4	\bar{x} ±	17.25 2.06	3.76 .17	65.15 5.03	194.5 5.26	738.63 135.78	1.10 0.01
Dos								
Papillon	1			3.65	63.78	185.	758.	1.39
4 nages								
Total	14	\bar{x} ±	18.31 2.59	3.50 .44	59.38 7.22	188.54 8.07	702.88 170.56	

Tableau 8 — Consommation maximale d'oxygène (mesure directe H₂O)
Nageuses Équipe de France

	n		Ages	l.min ⁻¹	ml.min ⁻¹ .kg	F.C. b/min	Lactate mg/l	Vitesse de nage
100-200 Crawl	6	\bar{x} ±	20.33 2.16	4.91 .50	61.62 5.08	180.17 4.07	714.25 107.13	1.46 .07
400-800 Crawl	6	\bar{x} ±	16.93 .91	4.67 .64	69.57 10.16	181 8.37		1.44 .05
Brasse	4	\bar{x} ±	18.25 1.71	4.92 .19	66.38 .69	185.25 3.69		1.14 .03
Dos	1	\bar{x} ±	16.	4.79	68.29	185	572	1.42
Papillon	1	\bar{x} ±	20.	5.57	67.68	180	1025.	1.43
4 nages	1	\bar{x} ±	16	4.66	69.55	195		1.35
Total	19	\bar{x} ±	18.35 2.18	4.85 .48	66.14 7.10	182.53 6.32	691.67 222.06 (n = 9)	

Tableau 9 — Consommation maximale d'oxygène (mesure directe H₂O)
Jeunes gens Équipe de France

nous indiquent des valeurs moyennes de 4.85 l.min⁻¹ ± .48 chez les garçons et 3.50 l.min⁻¹ ± .44 chez les filles. Si nous comparons ces valeurs aux normes internationales (3), nos jeunes gens en sont très proches et

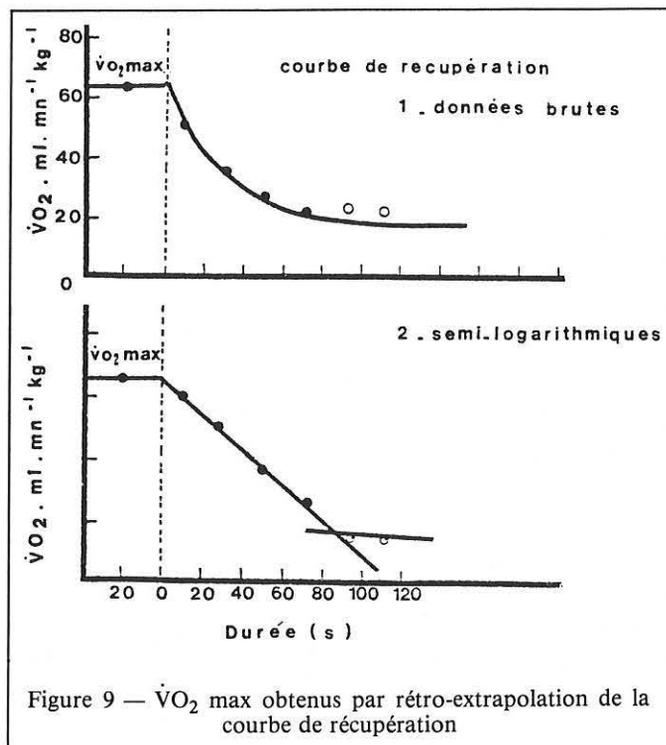
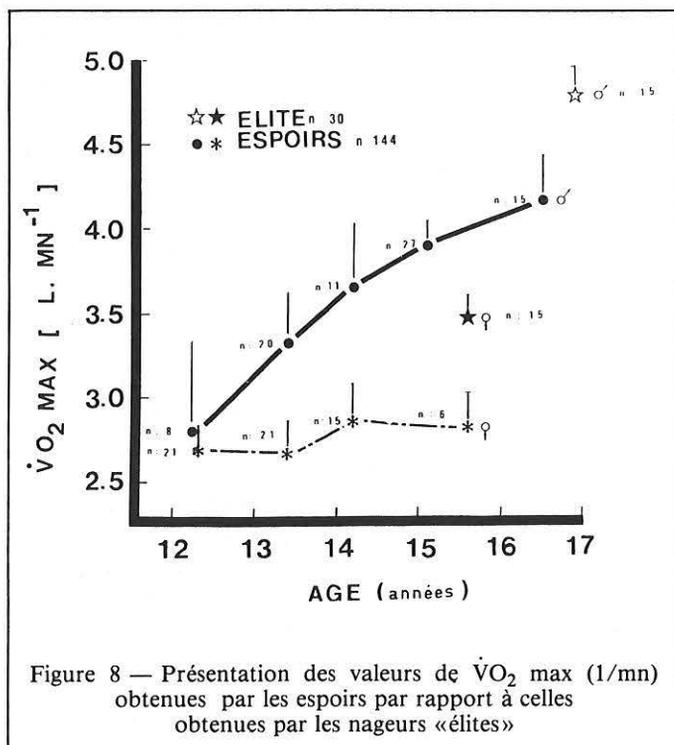
pour certains les dépassent, alors que nos jeunes filles en sont assez éloignées.

Nous n'avons pas trouvé de corrélations significatives entre les $\dot{V}O_2$ max (l.min⁻¹) et les performances de lon-

gues durées; par contre, quelle que soit la spécialité du nageur, des différences significatives ont été mises en évidence en fonction du niveau : les meilleurs nageurs ont en général des $\dot{V}O_2$ max plus élevés.

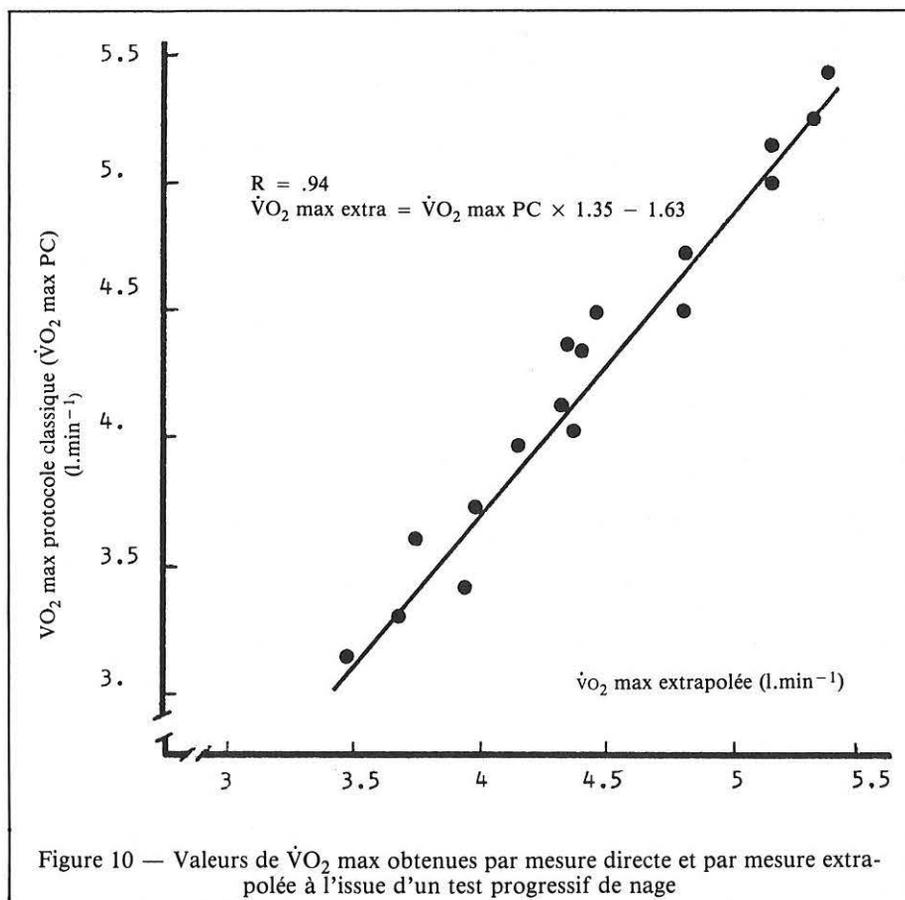
Les pentes des droites $\dot{V}O_2$ - vitesse de nage, et F.C. - vitesse de nage sont significativement moins inclinées chez le nageur de haut niveau, marquant ainsi une moindre consommation d'oxygène pour des vitesses infra-maximales données. Cette «économie de nage» pour une vitesse donnée permet donc de prendre en compte non seulement la dimension énergétique aérobie, mais aussi toutes les caractéristiques hydro et biomécaniques ainsi que le niveau d'entraînement du sujet. Une précision encore plus grande est apportée en ramenant ces valeurs au poids du nageur dans l'eau. La connaissance de ces pentes apparaît comme le complément objectif indispensable à l'appréciation habituellement subjective de la technique de nage.

Malgré l'indéniable progrès apporté par cette technique, les contraintes requises par sa mise en place, ainsi que les valeurs faussées de la vitesse réelle de nage du sujet dues aux résistances supplémentaires imposées par l'appareillage, nous ont incité à poursuivre nos recherches pour obtenir la vitesse exacte correspondant au $\dot{V}O_2$ max. Plus que la connaissance précise de ce dernier, la vitesse à laquelle la consommation maximale d'oxygène est atteinte permet à l'entraîneur de mieux moduler vitesse infra-max, max, ou supra-max en fonction des objectifs de l'exercice proposé.



• Calcul du $\dot{V}O_2$ max par extrapolation de la courbe de récupération

Pour obtenir la vitesse réelle au cours de l'épreuve, il nous a fallu supprimer les contraintes de l'appareillage. Pour ce faire, nous avons utilisé le même protocole que précédemment, mais en poursuivant les prélèvements à l'issue du dernier palier (19-20). L'air expiré a été recueilli successivement dans quatre sacs, à raison d'une durée de 20 secondes par sac. La courbe de décroissance des $\dot{V}O_2$ de récupération calculée montra la forme classique de celle d'une fonction exponentielle à décroissance rapide puis lente. Le calcul des logarithmes des valeurs brutes des $\dot{V}O_2$ de récupération permet leur ajustement linéaire ($r > .98$). L'extrapolation au point zéro (fin du dernier palier) de la droite ainsi déterminée redonne les mêmes valeurs de $\dot{V}O_2$ max mesurées directement au cours de l'épreuve (fig. 9). La vitesse de nage ne subit ici aucune contrainte, ce qui autorise le calcul très précis de l'économie de nage.



Nous avons utilisé ce même protocole pour valider un test simple de terrain qui permet à l'entraîneur d'obtenir avec précision la vitesse de nage correspondant au $\dot{V}O_2$ max du nageur (fig. 10).

Test de détermination de la vitesse de nage correspondant au $\dot{V}O_2$ max

— matériel :

- une piscine de 25 ou 50 m étalonnée tous les 12,50 m

- une bande sonore pré-enregistrée du test (1)

- un magnéscope et deux amplificateurs sous-marins (type natation synchronisée).

— protocole (tabl. 10) :

Le test est nagé en crawl par les dos-sistes, papillonneurs et crawleurs, en brasse par les brasseurs.

- en crawl la première vitesse est = 1 m/s soit 50 s au 50 m
- en brasse : 0,89 m/s soit 56 s au 50 m.

• Détermination du $\dot{V}O_2$ max par une épreuve supramaximale de courte durée

L'extrapolation de la courbe de récupération au temps zéro, tentée à l'issue d'épreuves de courte durée (50, 100 et 200 m), nous a permis de constater «accidentellement» que les $\dot{V}O_2$ obtenus au cours du premier prélèvement (20 s immédiatement à l'issue du test) étaient identiques, voire très souvent supérieurs aux $\dot{V}O_2$ max classiquement déterminés. Une étude similaire publiée par Di Prampero, 1973 (8) conforta cette nouvelle voie de recherche. Les $\dot{V}O_2$ max mesurés au cours de l'épreuve progressive de nage furent comparés aux $\dot{V}O_2$ «supra max» obtenus à partir d'un prélèvement d'une durée de près de 15 secondes (fin de l'expiration la plus proche de la quinzième seconde), effectué à l'issue de deux tests maximaux de 100 et 200 m de nage. Les résultats (tabl. 11) indiquèrent des valeurs de $\dot{V}O_2$ «supra max 100 m» supérieures à celles des $\dot{V}O_2$ max «classiques», elles-mêmes supérieures à celles de $\dot{V}O_2$ «supra max 200 m».

Bien que les différences ne soient pas significatives, il semble que l'extraction de l'oxygène atteigne sa plus haute valeur immédiatement à l'issue d'un exercice supra-maximal de courte durée. Le temps précis pendant lequel les échanges respiratoires demeurent à leur niveau le plus élevé constitue actuellement une nouvelle étape de notre recherche.

L'utilisation de cette technique avec un nombre de sujets plus important (n = 42) a confirmé les valeurs plus élevées des $\dot{V}O_2$ supra-max (tabl. 12).

De même, des $\dot{V}O_2$ supramax obtenus à l'issue d'un test de 50 m avec neuf autres nageurs soulignèrent encore cette différence (tabl. 13).

L'examen de ces résultats nous

Durée (exprimée en s) de chaque palier de 50 m		
Crawl		Brasse
50 - 49 - 48 - 47 - 46 - 45	Mettre une croix sur le palier auquel s'arrête le nageur. Il correspond à sa vitesse de $\dot{V}O_2$ max.	56 - 55 - 54 - 53 - 52 - 51
44 - 43 - 42 - 41 - 40 - 39		50 - 49 - 48 - 47 - 46 - 45
38 - 37 - 36 - 35 - 34 - 33		44 - 43 - 42 - 41 - 40 - 39
32 - 31 - 30 - 29 - 28 - 27		38 - 37 - 36 - 35 - 34 - 33

Tableau 10 — Épreuve de détermination de la vitesse de nage correspondant au $\dot{V}O_2$ max

n = 10 5 ♂ 5 ♀	$\dot{V}O_2$ max (?) classique mesure directe (l.min ⁻¹) I	$\dot{V}O_2$ «supramax» 100 m (l.min ⁻¹) II	$\dot{V}O_2$ supramax 200 m (l.min ⁻¹) III
\bar{x}	3.36	3.69	3.28
±	.84	.97	.97
R (spearman)	I et II = .83	II. et III = .91	I et III = .80
Δ	I = 91 % de II t = N.S.	III = 89 % de II t = N.S.	I : 102.4 % de III t = N.S.

Tableau 11 — Valeurs de $\dot{V}O_2$ max obtenues par mesure directe au cours d'une épreuve progressive de nage et après des épreuves supramaximales de 100 et 200 m de nage

amène à un constat et suscite deux interrogations :

— On peut remarquer que plus la durée du test supramax est prolongée (200 m), plus la décroissance des $\dot{V}O_2$ de récupération apparaît tôt.

— Le test progressif de longue durée et le matériel qu'il requiert permettent-ils au nageur d'exprimer tout son potentiel aérobie?

— Que doit-on considérer comme la valeur maximale de consommation d'oxygène : celle obtenue au cours d'un «plateau» stable lors d'une épreuve progressive, ou celle résultant d'une «crête» à l'issue d'un test maximal de courte durée?

Si cette dernière hypothèse se vérifie, comme les premières indications de recherches en cours nous le font penser, il sera désormais possible d'utiliser cette technique chaque fois qu'une information rapide sera souhaitée ou lors de l'évaluation d'un grand groupe de nageurs.

□ Analyse sanguine

Dès lors que l'apport d'oxygène aux muscles mis en jeu devient insuffisant, l'organisme du nageur fait appel à la filière anaérobie lactique. Seules les concentrations plasmati-

n = 42 19 ♂ 23 ♀	$\dot{V}O_2$ max (?) «classiques» mesure directe l.min ⁻¹ I	$\dot{V}O_2$ «supramax» 100 m l.min ⁻¹ II
\bar{x}	3.11	3.27
±	± .80	± .81
R	.94	
Δ	I = 95 % de II	t = N.S.

Tableau 12 — Comparaison des $\dot{V}O_2$ max test progressif et $\dot{V}O_2$ «supra-max» obtenus à l'issue d'un test de 100 m sprint avec 42 nageurs

n = 9	$\dot{V}O_2$ max «classiques» mesure directe l.min ⁻¹ I	$\dot{V}O_2$ «supramax» 50 m l.min ⁻¹ II
\bar{x}	2.98	3.24
±	± .82	± .90
R (spearman)	.97	
Δ	I = 95 % de II	t = N.S.

Tableau 13 — Comparaison des $\dot{V}O_2$ max, test progressif et $\dot{V}O_2$ «supra-max» obtenus à l'issue d'un sprint de 50 m de nage (Chatard, Cazorla, données non publiées)

ques de l'acide lactique ont été mesurées. Elles nous ont permis de mieux discriminer métaboliquement les types d'effort en terme de durée et d'intensité. Plusieurs épreuves, infra puis progressivement maximales et supramaximales à paliers de vitesse de nage standardisée, nous ont permis de déterminer individuellement le seuil à partir duquel le lactate s'accumule dans l'organisme (17-10) et la limite extrême de chaque sujet (11). Pour ce faire, à l'issue d'épreuves codifiées, cent microlitres de sang étaient prélevés au lobe de l'oreille préalablement vasodilaté.

Résultats

Quelle que soit la spécialité, le nageur de haut niveau est capable de supporter, tout en maintenant son efficacité, les concentrations d'acide lactique plasmatique les plus élevées. Les concentrations de lactate sont toujours plus élevées à l'issue d'une compétition importante qu'à la fin d'une «épreuve test» analogue d'entraînement, ce qui semble indiquer que certains facteurs psychologiques, telles la motivation et la résistance aux stress, peuvent repousser les limites de la fatigue induite par une forte acidose musculaire.

Les concentrations de lactate varient aussi très significativement entre les différents nageurs de haut niveau; certains présentent des concentrations faibles pour des performances élevées et vice versa. Il est probable que la nature des fibres et leur équipement enzymatique sont à l'origine de telles disparités. Comme d'autre part le lactate diffuse irrégulièrement dans les différents compartiments liquidiens de l'organisme, à partir desquels il est soit transformé, soit éliminé, il serait aléatoire de retenir cette technique pour comparer les nageurs entre eux. Elle peut cependant apporter de précieux renseignements dans le suivi de l'état d'entraînement des sportifs au cours d'une saison.

Nous avons aussi effectué des micro-prélèvements sanguins chez des jeunes nageurs de différents âges à l'issue d'un même test anaérobie (4 fois 2 × 50 m (r = 10 s) avec un repos intermédiaire de 2 minutes), et, malgré la grande disparité des résultats

obtenus, les taux moyens significativement les moins élevés ont été relevés chez les nageurs les plus jeunes. Rapportés à l'âge osseux et au kilogramme de masse maigre, ces taux se sont encore montrés significativement plus faibles chez les sujets de 12 ans, en comparaison de ceux obtenus chez les nageurs de 16 ans et plus.

Ceci semble indiquer que les concentrations de lactate peuvent aussi dépendre de l'âge des sujets. Les plus jeunes montrent les concentrations les moins élevées traduisant :
— soit un meilleur métabolisme aérobie du lactate produit,
— soit/et une moindre production d'acide lactique due, comme le suggèrent Eriksson et coll. (12-13), à un manque de maturation de certains enzymes intervenant dans la glycolyse anaérobie.

Ces résultats, bien que d'interprétation difficile, nous indiquent cependant que priorité devrait être accordée chez les jeunes au développement du métabolisme aérobie, et qu'il serait vain de vouloir commencer trop jeune un entraînement à base d'exercices de type anaérobie lactique.

Estimation de l'âge biologique

La natation étant par excellence un

sport où les meilleurs résultats sont atteints par des sujets relativement jeunes, il est indispensable de déceler si les bons résultats obtenus dans les tests et performances ne sont pas aussi le fait d'une maturation physiologique plus précoce.

Pour pondérer chacun des résultats obtenus au cours des épreuves d'évaluation, l'âge osseux est déterminé chez tous les jeunes évalués de moins de seize ans.

Exprimant très correctement le niveau de maturation physiologique, l'âge osseux est estimé à partir de la technique développée par Tanner et Whitehouse (T.W. II) qui fait appel à l'utilisation de radiographies du poignet et de la main gauche.

Résultats (tabl. 14) :

Parmi les jeunes sportifs que nos services évaluent, les nageurs espoirs et les postulants aux sections Natation-études constituent deux populations assez distinctes. Le niveau de performance est généralement nettement plus faible pour le deuxième groupe. Le tableau 14 met en évidence un âge biologique sensiblement plus avancé chez les garçons espoirs que chez les candidats aux sections Natation-études; cette même différence apparaît aussi chez les jeunes filles. On peut alors se demander si l'entraînement intensif peut accélérer la matu-

Âges (en mois)	1		2		
	Jeunes gens n = 32	Jeunes filles n = 32	Jeunes gens n = 25	Jeunes filles n = 15	
1980	Civils \bar{x}	180.39	169.00	170.64	162.77
	\pm	14.32	12.71	32.23	9.32
	Osseux \bar{x}	187.81	168.56	195.64	175.27
	\pm	14.72	12.02	13.42	17.92
	Δ	7.42	—,44	25	12.5
1981	Civils \bar{x}	n =	n =	n = 20	n = 19
	\pm	—	—	173.9	164.7
	Osseux \bar{x}	—	—	186.65	166.8
	\pm	—	11.96	17.4	—
	Δ	—	—	12.75	2.1
	n. total	32	32	45	34
	Δ	7.42 P > .01	—,44 NS	15.11 P > .001	6.59 P > .02

Tableau 14 — Différences entre âges civils et âges osseux de jeunes nageurs(ses)
1 — candidats aux sections Natation-études (niveau moindre)
2 — espoirs

ration biologique, ou bien si les meilleurs résultats des nageurs espoirs ne sont pas dus aussi à une plus grande avance biologique.

Dans cette deuxième hypothèse, à performances et âges égaux, nous préférons sélectionner les candidats biologiquement moins âgés, qui présentent probablement de ce fait la marge de progrès la plus importante.

Traitement des résultats

La totalité des résultats des différentes opérations précédemment décrites s'élève à plus de 200 données par sujet. Il est évident que leur traitement a nécessité l'usage de l'informatique. Nous avons élaboré dans un premier temps des programmes permettant leur stockage pour pouvoir ensuite assurer leur traitement selon trois objectifs.

— Le premier a été d'apprécier la pertinence des mesures et épreuves proposées. Pour ce faire, les trois niveaux de nageurs évalués (équipes nationales françaises et canadiennes, espoirs et candidats aux sections Natation-études) permettent une première sélection. Les tests qui ne marquent pas de différences significatives entre les niveaux sont écartés. De même, parmi les mesures fortement corrélées entre elles, donc redondantes, ne sont retenues que les plus facilement accessibles et les plus liées à la performance, ce qui à nouveau réduit leur nombre.

— Le deuxième objectif nous a conduit à étudier dans leurs interrelations les différents facteurs qui conditionnent la performance immédiate et surtout future des jeunes nageurs. L'établissement d'une «fiche profil» (voir modèle fig. 11) objective les résultats des mesures et tests retenus. Les indices attribués à

chaque mesure sont calculés à partir de l'ensemble des résultats enregistrés depuis quatre ans. Ils situent le nageur par rapport aux sujets de même groupe d'âge biologique et de même spécialité. Cette fiche permet de repérer facilement les points forts et les points faibles de l'évalué, d'estimer si un point faible peut ou non être compensé par l'hyper développement d'un autre facteur, avant de retenir ou d'écarter trop hâtivement une candidature. A ce titre, elle apparaît comme l'aide précieuse du Directeur Technique National, seul habilité à établir le choix final des candidatures, et peut aussi aider à orienter plus finement le nageur vers la spécialité dans laquelle il aura le plus de chance d'exceller.

— Enfin, à partir des caractéristiques précédentes, le troisième a été d'établir par âge, sexe et spécialité les standards qui déterminent le profil référentiel du nageur de haut niveau, indispensable à l'étape suivante : *la détection*.

Étape de la détection

L'étape de la sélection nous a permis de mettre objectivement en évidence les qualités requises par la pratique de la natation à un haut niveau et d'élaborer les outils les mieux adaptés à leur mesure. A partir de ces connaissances, l'étape de la détection nécessite l'évaluation simple et accessible de ces qualités, permettant de repérer, parmi le plus grand nombre possible de jeunes débutants, ceux qui présentent les meilleures potentialités en natation.

Plusieurs problèmes se sont alors posés :

— à quel âge commencer la détection ?

— quels tests et mesures retenir ?

— comment organiser leur passation et leur recueil sur le plan national ?

— comment envisager leur traitement ?

— comment confirmer la valeur du pronostic sur lequel repose toute détection ?

□ A QUEL ÂGE COMMENCER LA DÉTECTION ?

Si on se réfère à l'âge auquel les meilleures performances sont atteintes (tabl. 15), en tenant compte de la durée nécessaire de préparation physique générale et spécifique (6 à 8 ans), il semble que le meilleur âge pour débiter l'entraînement se situe vers 11-12 ans chez les garçons et vers 10-11 ans chez les filles.

Pour être efficace, la détection doit débiter en même temps que l'entraînement car, plus le jeune s'entraîne, plus ses potentiels initiaux se transforment. Dans le cas d'une évaluation tardive, il est difficile de discerner ce qui dépend des effets de l'entraînement de ce qui résulte du potentiel moteur initial.

D'autre part, sur le plan physiologique, la tranche d'âge 10-11 ans est une période de relative stabilité biologique et psychomotrice. Plus tard, c'est-à-dire vers 12-13 ans, débute la puberté qui rend très aléatoire toute comparaison d'adolescents entre eux.

Tout pronostic déduit de l'évaluation de paramètres, souvent en pleine évolution, devient alors très difficile. Plus tôt, c'est-à-dire avant 9-10 ans, l'enfant traverse plusieurs étapes d'acquisitions psychomotrices essentielles au cours desquelles, même dans la perspective d'une pratique future de haut niveau, il est indispensable de respecter les stades ontogénétiques de son développement, et de répondre à son énorme appétit de jeux et d'apprentissages par la proposition d'une nourriture cinétique riche, abondante et variée. Il ne faut surtout pas, avant dix ans, que la natation soit la seule activité motrice de l'enfant.

La trop grande répétition du même geste, par les stéréotypes qu'elle engendre, peut être préjudiciable à son développement moteur (14) et donc nuire à la qualité des perfor-

Âges moyens (en années)	U. S. A.		R. D. A.		U. R. S. S.	
	F.	H.	F.	H.	F.	H.
Jeux olympiques						
Munich 1972	17.4	20.3	16.4	19.8	18.3	19.3
Montréal 1976	18.3	20.5	16.6	19.3	18.8	18.2

Tableau 15 — Âges des participants aux Jeux olympiques (USA - RDA - URSS)

MISSION RECHERCHE
PROGRAMME EVALUATION

I. N. S. E. P.
PROFIL INDIVIDUEL

EVALUATION NATATION

N O M : DUPONT PRENOM : Jean

SPECIALITE AVANT STAGE : 400

ORIENTATION RECOMMANDEE :
100 - 200

EVALUATION	Mesures ou Perf.	Points	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
AGE CIVIL (mois)	182											
AGE OSSEUX (mois)	186											
TAILLE (cm)	188	68								*		
TAILLE ADULTE prévue	192	70								*		
% de GRAISSE	11	43					*					
MOTIVATION	6	61								*		
ACTIVITE	6	60								*		
CONTRÔLE	7	63								*		
RELATION	3	42					*					
POIDS dans l'EAU (g)	2800						*					
FORCE MAX.dans l'EAU (kg)	22	71									*	
IND. HYDRODYNAMIQUE	1.82	57							*			
IND.des EXTREMITES	698	70								*		
IND. du TRONC	1602	59							*			
VO ₂ max (ml/mm/Kg)	78	72									*	
VO ₂ /Poids dans l'eau (l/kg)	2.80	50						*				
VO ₂ / D	32.41	61								*		
TEST PROGRESSIF m/s	1.42	59								*		
IND. PERFORMANCE	.96	69								*		
IND.PERF./A.OSSEUX	.94	68								*		
TRACTIONS	12	59								*		
DETENTE VERTICALE (cm)	58	70								*		
12 mm COURSE (m)	3200	58							*			
INDICE GENERAL	68.9	72									*	

Figure 11 — Profil d'un nageur de bon niveau à orienter plutôt vers le 100 et 200 m (poids spécifique important compensé par un VO₂ max et une force max. élevés)

mances à venir. Si on se réfère aux statistiques, celles publiées par Bulgakowa (1) indiquent bien qu'il semble inutile de vouloir commencer l'entraînement intensif avant dix ans pour atteindre les plus hautes performances (tabl. 16). Il est plus opportun de proposer à cet âge une activité multiforme dans laquelle la natation devra contribuer aussi au développement harmonieux de tous les potentiels moteurs. Alors pourra être entreprise avec efficacité vers 10-11 ans une détection d'éventuels talents.

□ QUELS TESTS ET MESURES PROPOSER ?

L'image cible ou «image de référence» établie, a fait apparaître plusieurs qualités essentielles :

- psychologiques : motivation et résistance au stress,
- bioénergétiques : valeur absolue de VO₂ max et consommation d'oxygène par kilo de poids dans l'eau et par mètre parcouru,
- biomécaniques : a) glisse : taille surface corporelle, certaines dimensions anthropométriques et poids dans l'eau, b) propulsion : force maximale de traction dans l'eau, amplitude articulaire,
- neuro-musculaires : vitesse, détente, endurance musculaire des bras.

Certaines de ces qualités peuvent être appréciées par des tests simples de terrain. Bien qu'il ne faille pas attendre de ceux-ci une aussi grande précision que celle apportée par les épreuves spécifiques précédemment décrites, ils autorisent néanmoins un classement approximatif des sujets en fonction de la qualité à évaluer.

D'autre part, il est démontré (25 - 26 - 27) que les facteurs qui sous-tendent la motricité spécifique du sportif, très liés entre eux et donc non différenciés chez le jeune enfant, évoluent ensuite avec l'âge et surtout en fonction de l'activité pratiquée. C'est pourquoi, plus le sujet est jeune et non spécialisé, plus il faut les évaluer globalement.

Enfin, les comparaisons établies chez les nageurs entre les résultats d'épreuves sophistiquées de laboratoire et les résultats de tests simples

Nom	J.O.	Distance	Place	Age du début de l'entraînement
Prozumentschikowa-Stepanowa.....	XVIII	200 brasse	1	11
	XIX	100 brasse	2	
	XIX	200 brasse	3	
	XIX	100-200 br.	2.3.	
Babanina.....	XVIII	200 brasse	3	13
Prokopenko.....	XVIII	200 brasse	2	14
Tutakajew.....	XVIII	200 brasse	4	15
Masanow.....	XVIII	200 dos	6	10
Kusmin.....	XVIII	200 papil.	5	12
	XIX	200 papil.	4	
Iijitschew.....	XIX	100 crawl	5	11
Kulikow.....	XIX	100 crawl	6	13
Belitz-Geiman.....	XIX	200 crawl	7	10
Grebennikowa.....	XIX	200 brasse	4	12
Kosinskij.....	XIX	100 brasse	2	12
		200 brasse	3	
Pankin.....	XIX	100 brasse	3	10
		200 brasse	4	
Michailow.....	XIX	100 brasse	5	13
		200 brasse	5	
Dobroskokin.....	XIX	200 dos	6	10
Suzdalzew.....	XIX	100 papil.	6	14
Nemschilow.....	XIX	200 papil.	4	12
Scharygin.....	XIX	200 papil.	7	13
Barbier.....	XVII	100 crawl	5	13
Gawrisch.....	XV	200 brasse	6	13
Junitschew.....	XVI	200 brasse	3	13
Bure.....	XX	100 crawl	3	13
Griwennikow.....	XX	100 crawl	5	11
		100 dos	6	
Sucharjow.....	XX	200 4 nages	6	12

Tableau 16 — Âge de début de l'entraînement des meilleurs nageurs soviétiques classés de 1 à 6 aux J.O. (Bulgakowa, 1978)

de terrain nous ont permis de retenir ceux d'entre eux qui montrent les plus fortes liaisons. C'est l'ensemble de ces considérations qui ont présidé aux choix des épreuves et mesures de la première fiche «d'évaluation - détection», dont le traitement des résultats a ensuite permis la réduction et la simplification de la deuxième (figures 12 et 13).

Celle-ci s'adresse principalement aux jeunes nageurs de 11 ans qui participent aux épreuves de triathlon correspondant à ce groupe d'âge. Elle comprend :

- des informations sur l'identité et les conditions de la pratique du sujet qui peuvent parfois expliquer la qualité de la performance,
- des mesures biométriques mini-

males qui interviennent dans la glisse, la propulsion et permettent de calculer la surface corporelle,

- les performances réalisées au triathlon,
- les tests généraux qui ont pour intention d'évaluer les facteurs bioénergétiques et neuromusculaires qui sous-tendent toute motricité quelle que soit sa spécificité.

Remarque : Bien que la course de 12 minutes (Cooper) ne soit que faiblement corrélée avec la performance en natation, à défaut d'une mesure plus fiable du VO₂ max, elle peut apprécier l'aptitude à solliciter le métabolisme aérobie pendant une longue durée ce qui, en natation, présente un intérêt certain,

- et enfin, des tests et mesures spéci-

FEDERATION FRANÇAISE DE NATATION

FICHE DE DETECTION - PREMIER GROUPE D'AGE

IDENTIFICATION	Numéro de Licence		Date		Numéro d'identification	
	Nom de l'entraîneur		Club (Stige Commune)		Ne rien écrire ici	
	Nom du Nageur		Prénom		Date de Naissance	
BIOMETRIE	Sexe Masculin [1] Féminin [2]		Adresse Personnelle			
	Adresse		Code Postal		Départ	
	Commune		Code Postal		Départ	
PERFORMANCES	MESURES BIOMETRIQUES					
	Taille	Envergure	Taille assis	Poids	Point.	Taille Père
	cm	cm	cm	Kg / G		cm
ENTRAINEMENT	PERFORMANCES					
	400 m. c.	200 m. 4 n.	200 m. dos	200 m. brasse	100 m. pap.	
	mn s	mn s	mn s	mn s	mn s	
ENTRAINEMENT						
Nbre d'Années d'Entraînement	Nbre Séances par semaine	Total Heures par semaine	Distance totale par semaine km	Nbre séances muscul. sem	Nage préférée	
Appréciations de l'entraîneur (Évaluation sur Echelle de 1 à 5)						
5 très élevée 4 élevée 3 moyenne 2 faible 1 très faible						
Technique de Nage			Comportement Psychologique			
P	D	B	C	Anxiété	Motivation	
					Perseverance	

TESTS

1 - GENERAUX

Date de Passation J M A

Tractions Complètes (barre fixe)	Détente Verticale	Sauts multibonds (5 sauts)	Course 12 mn Vitesse Max.
Nbre	Dif. cm	m cm	m

2 - SPECIFIQUES

Date de Passation J M A

TOUTES les Épreuves de nage se font départ dans l'eau

Flottabilité Verticale (inspiration forcée) bras le long du corps échelle de 1 à 5	Rendement nageur sur 2' 45 m n'un 50 nageur Vitesse
	Crawl Nbre Autr-nage Nbre
	m s 2 chiffres après virgule

Tous les Tests suivants sont nags à vitesse maximale

3 x 25 m (R : 3 mn entre 25 m) nage P, D, B, C	1 x 75 m - vitesse Maxi nage P, D, B, C	8 minutes Crawl à vitesse maximale
tl 12 - 13 Moy de 25 s 1:10	s 1:10	m

6 x 50 m Crawl (R 30 s)	Indice d'endurance spécifique
Temps total du 300 m	Rapport Vitesse Moy d'une distance triathlon
mn s 1:10	Vit. absolue sur 25 m (moy. des 3 x 25) nage Rapport O.

3 - CONSIGNES

Écrire en MAJUSCULE, Chiffres et Lettres, un par un, par case

Compléter par un zéro lorsque la première case est inutilisée

Figure 12 — Fiche «Évaluation - Détection» - premier groupe d'âge - 1980 - (recto-verso)

IDENTIFICATION - RENSEIGNEMENTS	NUMERO D'IDENTIFICATION		DATE DE PASSATION		COMITE REGIONAL	
	NOM DU NAGEUR		PRENOM		Date nass	
	A quel âge votre enfant a-t-il appris à nager ?		A quel âge a-t-il signé sa première licence en club ?		Nombre d'années d'entraînements à 4 séances ou plus par semaine ?	
BIOMETRIE	ENTRAINEMENT ACTUEL		NAGE PREFEREE			
	Nbre séances par semaine	Total heures par semaine	Distance (km) totale semaine	cocher la case de votre nage préférée		
	Taille	Poids	POINTURE (pieds)	P	D	B
PERFORMANCES	MEILLEURES PERFORMANCES REALISEES A CE JOUR EN COMPETITIONS OFFICIELLES					
	400 m crawl	200 m 4 N	200 m dos	200 m brasse	100 m papillon	
	mn s 1:10	mn s 1:10	mn s 1:10	mn s 1:10	mn s 1:10	

1 - GENERAUX

Date de Passation J M A

Tractions Complètes (barre fixe)	Détente Verticale	Sauts multibonds (5 sauts)	Course 12 mn Vitesse Max.
Nbre	Dif. cm	m cm	m

2 - SPECIFIQUES

Toutes les Épreuves de nage se font départ dans l'eau

3 x 25 m (R : 3 mn entre chaque 25 m) 11 - 12 - 13 - moyenne des 25 m	6 x 50 m crawl (R : 30 s) temps total du 300 m
Nage choisie Moyenne réalisée s 1/10	mn s 1/10

Mettre le chiffre correspondant à la nage : PAP : 1 - DOS : 2 - BRASSE : 3 - CRAWL : 4

FLOTTABILITE VERTICALE (inspiration forcée, bras le long du corps) échelle de 1 à 5	FLOTTABILITE HORIZONTALE (temps nécessaire pour passer d'une position horizontale immobile à une position verticale - Mesure de la durée de chute des jambes)
	Durée s 1/10

1 : Tête immergée, 2 : eau niveau Front; 3 : niveau Nez, 4 : niveau Menton, 5 : Tête émergée.

HYDRODYNAMISME	SOUPLESE
Distance glissée ventrale (distance parcourue à partir d'une poussée des jambes sur le mur)	Fix Epoules Cheilles Ext
m cm	cm

3 - CONSIGNES

Écrire en MAJUSCULE, chiffres et lettres, un par un, par case

Compléter par un zéro une première case inutilisée.

Figure 13 — Fiche «Évaluation - Détection» - 11-12 ans - 1981 - (recto-verso)

fiques comme la vitesse maximale de nage, le niveau de flottaison, la glisse, l'amplitude articulaire des épaules et des chevilles. Le test mixte 6 x 50 m (R = 30 s), fortement corrélié avec le 200, 400 m et un peu moins avec le 100 m et la vitesse atteinte à VO₂ max, a été pour ces raisons maintenu dans la deuxième fiche.

Il est évident qu'à ce niveau d'évaluation les tests spécifiques doivent être minimisés par rapport aux tests généraux qui expriment davantage les potentialités encore peu transformées par l'entraînement et présentent donc une meilleure valeur prédictive.

□ COMMENT ORGANISER LE RECUEIL NATIONAL DES DONNÉES ?

C'est à ce stade que se situe l'un des points les plus délicats, car la détection présuppose non seulement la plus large adhésion des entraîneurs, des cadres techniques fédéraux et des nageurs eux-mêmes, mais aussi une organisation très structurée et une grande rigueur dans le respect des protocoles de passation des différentes épreuves; la comparaison des résultats obtenus est à ce prix.

Actuellement, le recueil des données est parvenu à un premier stade. Grâce à l'action conjuguée de la Direction Technique Nationale, des Cadres Techniques Régionaux et Départementaux (C.T.R. et C.T.D.), un consensus national semble se dégager.

Les deux premières opérations de 1980 et 1981, au-delà de l'indispensable sensibilisation initiale, ont fait apparaître des difficultés, progressivement corrigées, et des aspects positifs.

La prise de conscience et la réflexion suscitées à tous les niveaux de la pratique par les problèmes de l'évaluation et de la détection constituent les aspects positifs.

Les difficultés sont liées au nombre de mesures à relever et d'épreuves à faire passer figurant sur la première fiche.

Ces fiches n'ont pu être remplies qu'à l'occasion de stages départementaux ou régionaux d'une durée de plusieurs jours. Grâce au traitement de

leurs résultats, la seconde fiche a été allégée. Actuellement, elle peut même être utilisée au niveau du club et constituer un outil supplémentaire d'entraînement.

Au cours de l'année 1981, les secondes fiches ont été remplies aussi lors de stages départementaux, puis envoyées à la Fédération, et enfin confiées pour leur traitement au Service Évaluation de la Mission Recherche de l'INSEP. Désormais, ce niveau départemental — qui a permis d'établir les premiers barèmes — ne suffit plus. En effet, grâce aux renseignements, critiques et suggestions enregistrés, il semble indispensable aujourd'hui de compléter la structuration de cette opération en commençant la détection au sein du club dès les premières semaines de la saison d'entraînement.

Propositions d'application (fig. 14)

Dès les premiers jours d'une saison sportive, les fiches peuvent être distribuées aux parents de jeunes nageurs(es) de 10-11 ans, afin qu'ils puissent communiquer les informations les concernant (première partie de la fiche). Les tests athlétiques généraux et les mesures de souplesse doivent faire l'objet de deux séances la deuxième semaine. Les tests spécifiques de nage et les performances du triathlon peuvent être quant à eux enregistrés au cours de la sixième semaine.

Dès lors, les fiches sont confiées au C.T.D. qui, au cours d'un stage départemental prévu en fin de premier trimestre, se charge de rassembler les quarante meilleurs triathlo-

niens ayant obtenu les totaux les plus élevés à l'ensemble des épreuves. Le total peut être facilement calculé grâce aux barèmes qui doivent accompagner les prochaines fiches. Les performances et les tests sont repassés durant ce stage et leurs résultats confiés au C.T.R. qui, de la même manière, retient les quarante totaux les plus élevés de la région. Un stage régional se déroulant à la fin du deuxième trimestre doit permettre une troisième passation des tests et une sélection au niveau national. Celle-ci est établie en examinant autant le total atteint que la cadence de progrès entre la première et la troisième passation. C'est à partir de la complémentarité de ces deux informations que l'on peut réduire la probabilité d'erreur dans le choix de jeunes sujets présentant le plus d'avenir sportif.

Un dernier stage national doit être alors prévu à l'INSEP pour confirmer ou infirmer les informations partielles fournies grâce aux mesures plus sophistiquées précédemment décrites.

Les conditions habituelles d'entraînement des sujets retenus sont alors examinées. Leur club — structure privilégiée de l'épanouissement sportif du sujet — doit permettre une progression qualitative et quantitative de leur préparation. Dans le cas où le club se trouve dans l'impossibilité matérielle d'assumer un entraînement rationnel, les sections Natation-études régionales ou inter-régionales peuvent prendre le relais. Plus tard, les nageurs des clubs et des sections Natation-Études ayant le plus pro-

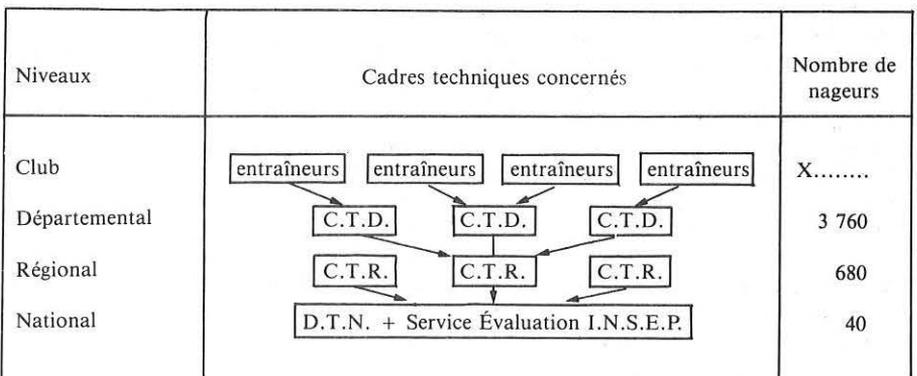


Figure 14 — Organigramme des opérations «évaluation-détection» du projet d'application

gressé bénéficiant, dans le cadre de leur suivi, d'un stage d'évaluation du type décrit ci-dessus, qui se déroule à l'INSEP chaque année durant le mois de février.

Les nageurs présentant les capacités techniques, psychologiques et biologiques les plus élevées peuvent alors postuler s'ils le veulent au Centre national d'entraînement de l'INSEP.

□ COMMENT TRAITER LES RÉSULTATS ?

Le traitement des résultats des deux premières opérations avait pour objectifs :

- de créer une dynamique de l'évaluation en démontrant tout le bénéfice que chacun pouvait en tirer,
- d'affiner l'outil de mesure en sélectionnant les variables les plus pertinentes,

— et d'élaborer les premiers barèmes à partir des variables sélectionnées.

Dynamique de l'évaluation

Le premier souci a été d'instituer un aller-retour entre les sujets évalués et le système d'évaluation. La déontologie retenue a été de répondre individuellement à tous les participants en faisant parvenir à chacun d'eux l'analyse de leurs propres résultats sous forme d'un profil qui les situe par rapport au groupe évalué (fig. 15). Les profils sont chaque fois accompagnés d'une notice explicative qui permet à chacun de bien situer ses points faibles et ses points forts afin de mieux préciser l'orientation de l'entraînement. Parallèlement, les premiers standards par sexe et par âge ont été établis ainsi que l'indique le tableau 17.

Affinage de l'outil de mesure

Les corrélations des résultats calculées deux à deux ont permis l'élimination des mesures redondantes. L'analyse factorielle (fig. 16) a sélectionné et hiérarchisé les variables les plus pertinentes par rapport à la performance qui doivent ensuite figurer sur la deuxième fiche d'évaluation.

A partir de ces variables ont été élaborées deux techniques de repérages des sujets présentant les plus forts potentiels :

- chacun des résultats bruts correspond à une échelle de points allant de 0 à 20. La simple addition des points obtenus permet alors de ne retenir que les totaux se situant deux écarts-types au-dessus de la moyenne du groupe;
- à la hiérarchie des résultats établis

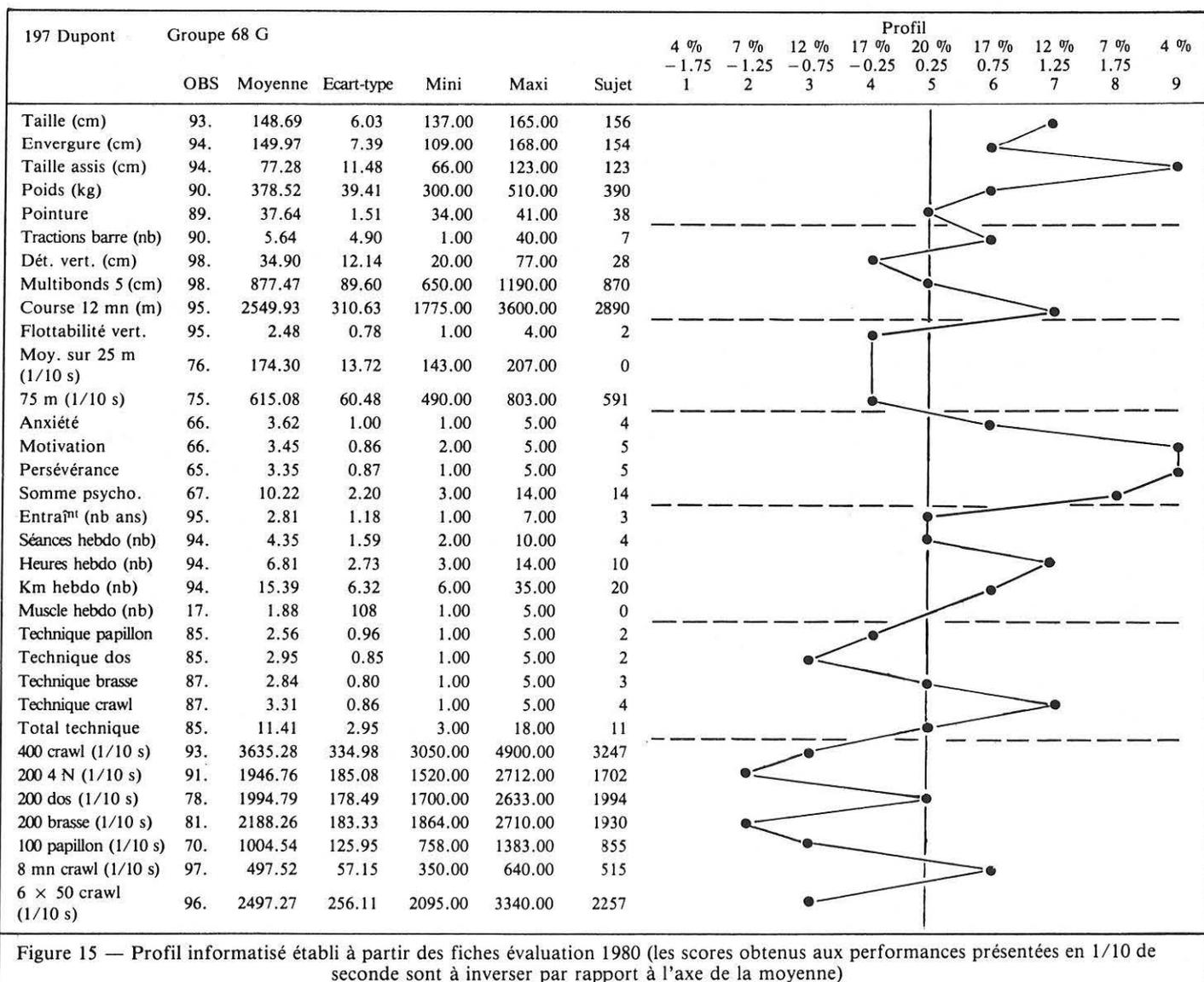


Figure 15 — Profil informatisé établi à partir des fiches évaluation 1980 (les scores obtenus aux performances présentées en 1/10 de seconde sont à inverser par rapport à l'axe de la moyenne)

par l'analyse factorielle correspond un système de tris successifs (fig. 17) dont le principe est simple.

On retient chaque fois 30 % des sujets ayant obtenu les meilleurs résultats par variable. C'est ainsi que l'on a retenu, en 1, 30 % des sujets les plus grands, puis, sachant 1, 30 % des sujets aux pieds les plus grands, puis, sachant 1 et 2, 30 % des sujets ayant la meilleure détente verticale, etc. Le sujet résistant à tous les tris successifs, ici le n° 8, est celui qui fait la meilleure synthèse des qualités requises par la performance. Cette

deuxième technique, trop sélective car un seul score faible ou moyen devient éliminatoire, est actuellement complétée par la précédente. Ensemble, elles fournissent les renseignements indispensables au repérage.

Élaboration des premiers barèmes

Ces premiers barèmes, établis par âge et par sexe à partir des opérations 1980 et 1981, constituent aujourd'hui un outil d'évaluation immédiatement disponible. L'entraîneur peut ainsi lui-même établir les *profils* des jeunes

nageurs dont il a la charge, repérer les points faibles et les points forts de chacun et signaler au C.T.D. ceux qui présentent les plus fortes potentialités.

Remarque: l'importance du volume représenté par l'ensemble des barèmes ne nous permet pas de les faire figurer dans ce document. Ils feront cependant l'objet d'une publication séparée, accompagnée des explications nécessaires pour établir, au niveau du club, les *profils* des jeunes nageurs.

Taille (cm)							Poids (kg)				
Groupe	Nombre	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi
68 G	98	93	148.69	6.03	137.00	165.00	90	378.52	39.41	300.00	510.00
69 G	66	59	144.08	5.67	131.00	156.00	54	352.20	46.63	270.00	460.00
70 G	24	22	139.14	5.71	127.00	150.00	20	312.85	40.53	250.00	410.00
71 G	4	2	137.00	2.00	135.00	139.00	2	323.00	37.00	286.00	360.00
69 F	98	91	144.33	5.91	128.00	164.00	87	352.37	52.28	250.00	520.00
70 F	39	35	138.89	6.15	124.00	153.00	35	319.60	40.97	247.00	420.00
71 F	6	4	133.75	2.86	129.00	136.00	4	282.50	39.61	220.00	330.00
200 m 4 nages (1/10 s)							400 m crawl (1/10 s)				
Groupe	Nombre	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi
68 G	98	91	1946.76	185.08	1520.00	2712.00	93	3635.28	334.98	3050.00	4900.00
69 G	66	57	2023.40	187.26	1722.00	2525.00	58	3768.67	385.26	3174.00	4910.00
70 G	24	22	2146.91	193.48	1788.00	2645.00	22	3975.27	440.59	3334.00	5127.00
71 G	4	3	2181.67	206.49	1921.00	2426.00	3	4110.00	372.22	3584.00	4391.00
69 F	98	88	2104.17	197.11	1584.00	2713.00	90	4014.67	421.47	3108.00	5142.00
70 F	39	34	2171.71	233.05	1417.00	2631.00	35	4170.11	536.84	3280.00	5895.00
71 F	6	4	2219.75	240.55	2024.00	2631.00	3	4093.33	146.58	3890.00	4230.00
12 min Course (m)							Détente verticale (cm)				
Groupe	Nombre	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi
68 G	98	95	2549.93	310.63	1775.00	3600.00	98	34.90	12.14	20.00	77.00
69 G	66	61	2439.70	292.93	1200.00	3051.00	65	30.29	7.86	20.00	65.00
70 G	24	21	2271.86	313.11	1500.00	2775.00	23	25.00	5.03	9.00	35.00
71 G	4	4	2135.75	104.27	2015.00	2250.00	4	27.00	2.74	23.00	30.00
69 F	98	90	2272.31	262.91	1700.00	3080.00	98	30.96	10.84	15.00	71.00
70 F	39	37	2179.05	403.33	500.00	2932.00	39	28.62	10.13	12.00	64.00
71 F	6	6	2200.00	332.91	1700.00	2600.00	6	24.50	5.32	18.00	31.00
25 m sprint nage (1/10 s)							Flottabilité verticale				
Groupe	Nombre	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi	Observés	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi
68 G	98	76	174.30	13.72	143.00	207.00	95	2.48	0.78	1.00	4.00
69 G	66	55	181.58	14.82	153.00	227.00	65	2.38	0.76	1.00	4.00
70 G	24	18	191.44	18.59	162.00	236.00	22	2.32	0.70	1.00	4.00
71 G	4	4	189.75	15.30	166.00	208.00	4	2.75	0.83	2.00	4.00
69 F	98	78	199.08	56.35	157.00	667.00	97	2.45	0.81	1.00	5.00
70 F	39	31	196.00	16.07	168.00	228.00	37	2.62	0.75	1.00	4.00
71 F	6	5	212.80	20.97	192.00	248.00	6	2.33	0.75	2.00	4.00

Tableau 17 — Tableau des normes nationales de quelques unes des données recueillies en 1980

— Groupe : année de naissance + sexe

— nombre = nombre total des sujets du groupe

— Observés : nombre de sujets observés dans le groupe

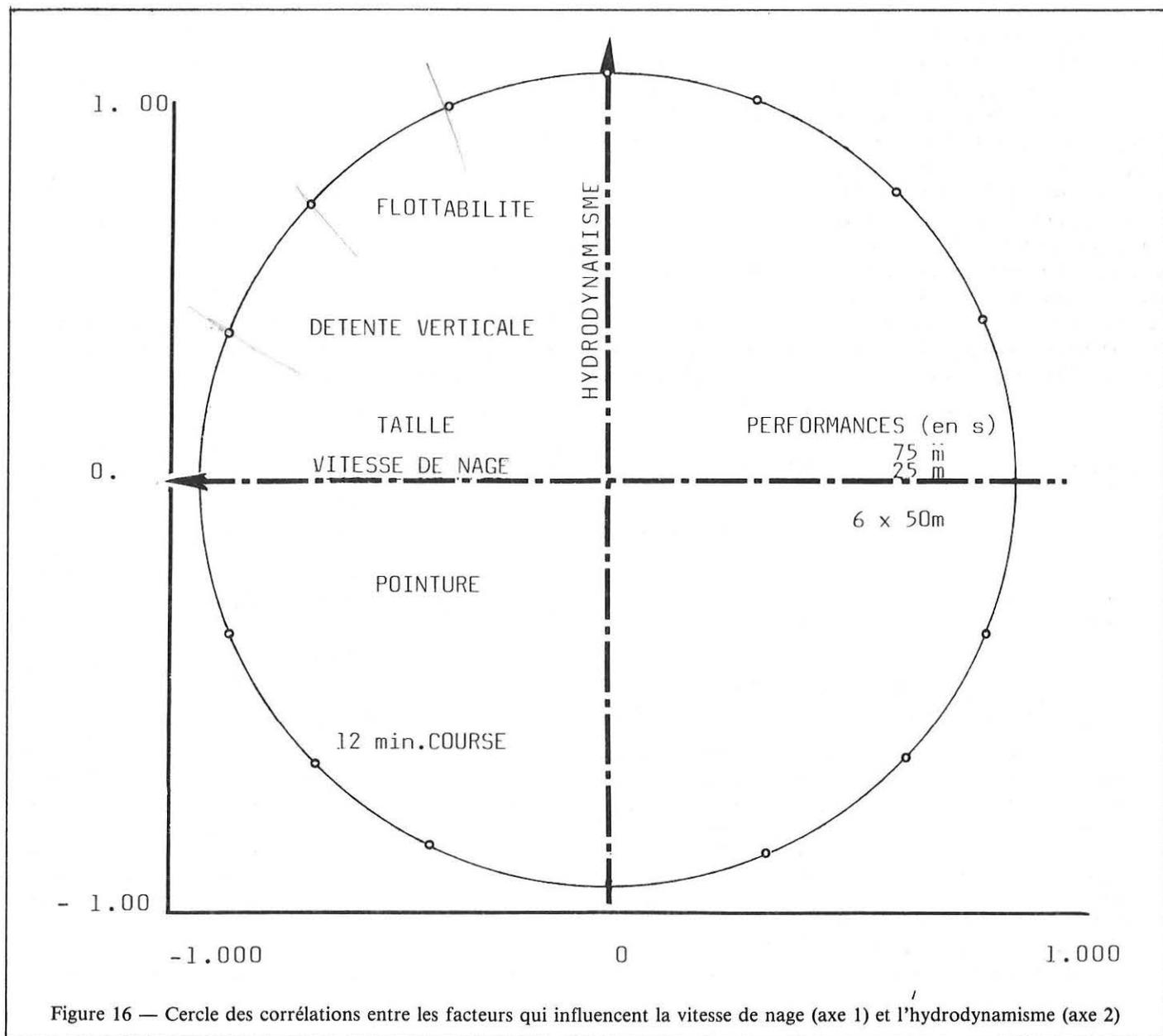


Figure 16 — Cercle des corrélations entre les facteurs qui influencent la vitesse de nage (axe 1) et l'hydrodynamisme (axe 2)

□ COMMENT CONFIRMER LA VALEUR DU PRONOSTIC INITIAL ?

C'est de la justesse du pronostic que dépend l'efficacité de la détection et de la sélection. Pour cette dernière, le pronostic se fonde sur la pertinence des mesures retenues et de la signification à court terme de leurs résultats. Dans le cas de la détection, il faut en plus connaître les lois de l'évolution des qualités motrices avec l'âge et l'influence que l'entraînement peut exercer sur elles. On peut considérer comme éventuels *talents sportifs* les jeunes nageurs qui présentaient initialement des qualités très au-dessus de la moyenne du

groupe d'âge concerné et dont la cadence de progrès s'avère la plus rapide.

Une seule évaluation initiale ne suffit pas, car elle peut traduire simplement les effets d'une avance biologique (d'où la nécessité de déterminer l'âge osseux) ou ceux d'un entraînement mal dosé. Dans une période donnée, généralement une année, il est indispensable de procéder à une sommation d'au moins trois évaluations pour confirmer ou infirmer des premiers résultats avantageux. De plus, pour comparer les sujets entre eux, il faut maîtriser les conditions et le contenu de l'entraînement, ce qui peut se concevoir entre les différentes sec-

tions Natation-études mais est plus difficile au niveau des différents clubs. On peut cependant y accéder par l'information et la suggestion d'une planification générale de l'entraînement en fonction de l'âge du nageur.

Au-delà de cette première étape, pour pouvoir suivre ensuite cette évolution tout en évitant une étude longitudinale dont l'organisation matérielle serait très difficile, une dernière opération s'avère nécessaire. Il faut très rapidement établir les standards et les barèmes par âge et par sexe de 11 à 17 ans, opération qui, grâce à la collaboration des entraîneurs et des cadres techniques, ne présente pas de

Tris successifs à partir des variables sélectionnées (68 G)			
Ordre standard			
1. 5. 8. 14. 16. 22. 33. 34. 42. 58. 67. 68. 70. 71. 74. 77. 89. 179. 183.	1 ^{er} Critère : Taille	1	30 %
1. 8. 14. 33. 34. 68. 71. 74. 77. 179. 183.	Pointure	2	30 % sachant 1
1. 8. 71. 74. 179.	Détente verticale	3	30 % sachant 1. et 2.
1. 8. 74. 179.	Distance 12 min	4	30 % sachant 1. 2. et 3.
1. 8. 74.	Flottabilité	5	30 % sachant 1. 2. 3. et 4.
8. 74.	(Temps) 25 m	6	30 % sachant 1. 2. 3. 4. 5.
8.	(Temps) 75 m	7	30 % sachant 1. 2. 3. 4. 5. 6.
8.	(Temps) 6 × 50 m	8	30 % sachant 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
(Un sujet semble apparaître comme talent n° 8)			
6. 8. 10. 11. 14. 18. 25. 33. 64. 65. 67 69. 70. 71. 72. 74. 75. 76 196.	1 ^{er} Critère : 25 m		
8. 10. 14. 18. 33. 65. 67. 69. 70. 71. 72. 75. 76. 196.	75 m		
8. 10. 14. 18. 65. 67. 69. 70. 71. 72. 76. 196.	6 × 50 m		
8. 10. 196.	12 min		
8. 10.	Flottabilité		
8.	Détente verticale		
8.	Taille		
8.	Pointure		

Figure 17 — Tris successifs permettant de repérer les nageurs faisant la synthèse des qualités requises par la haute performance en natation

difficulté majeure. L'étude horizontale par années d'âge peut pallier l'absence d'études longitudinales longues et fastidieuses. Elle permet en outre d'observer les écarts par rapport aux moyennes établies et d'objectiver l'efficacité ou la carence de l'entraînement. Elle constitue donc un outil de mesure supplémentaire à la disposition de l'entraîneur de demain.

Conclusion

Située le plus en amont de tout système qui tente de développer les différents secteurs de la pratique sportive, l'étape de la détection des sujets à potentialités élevées pose un problème à la fois technique et éthique. Techniquement, le modèle proposé dans la présente étude a permis d'apporter quelques solutions qui ont souvent fait appel à la recherche avant de pouvoir être utilisées par le plus grand nombre. Pour être efficace, il s'agit maintenant d'appliquer rationnellement ce modèle, en conservant une indispensable cohérence entre les cellules de base : les clubs, et le niveau national ou international.

Pour ce faire, six étapes ont été et sont encore nécessaires. A savoir :

— *une analyse du problème posé par la natation de haut niveau*, qui utilise largement l'expérience des cadres sportifs et les connaissances scientifiques des spécialistes de la motricité. Cette première étape permet de mieux cerner les variables à mesurer et de choisir ou parfois même créer les outils de leur mesure.

— *un recueil des données chez des nageurs du plus haut niveau possible*, ainsi que chez des sujets de qualification moindre, afin de sélectionner les tests et les mesures les plus pertinents et d'établir une image de référence ou *image cible*.

— *une organisation du recueil national, chez les jeunes nageurs âgés de 10-11 ans, des variables sélectionnées*, ce qui requiert l'emploi de mesures simples, d'utilisation commode, mais demeurant suffisamment précises et fiables.

— *un repérage des jeunes à fortes potentialités* par l'analyse statistique des résultats recueillis. Des filtres successifs permettent en outre d'affirmer et de confirmer le choix en mettant en évidence la cadence indi-

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BULGAKOWA (N.G.).- La détection et la préparation des jeunes nageurs. Culture physique et sport. Moscou, 1978.
 (2) CAZORLA (G.).- Contribution à l'étude de la performance en natation. Apport des sciences biologiques. Mémoire pour le diplôme de l'INSEP, Paris, 1978.
 (3) CAZORLA (G.), MONTPETIT (R.), FOUILLOT (J.P.), CERVETTI (J.P.).- Étude méthodologique de la mesure directe de la consommation maximale d'oxygène au cours de la nage. *Cinésiologie*, mars 1982.
 (4) CHATARD (J.C.), LACOUR (J.R.), CAZORLA (G.).- Caractéristiques hydrodynamiques du nageur. Influences sur la performance. Journée de physiologie du sport - Caen, mai 1982.
 (5) CLARYS (J.P.).- The relation of human body form to passive and active hydrodynamic resistance. Communication présentée au «6^e Congrès de biomécanique de la société internationale de Biomécanique», Copenhague, 1977, pp. 11-14.
 (6) CONNAN (A.), CAZORLA (G.), LOFI (A.), VAN HOECKE (J.).- Méthode de détermination de la force globale maximale développée au cours de la nage. 6^e Congrès de la Société de biomécanique. Bruxelles, septembre 1981.
 (7) COSTILL (D.L.).- Compte rendu de conférences. Spécial Sport Natation.- Paris : INSEP, 1980.
 (8) DI PRAMPERO (P.E.), PEETERS (L.), MARGARIA (R.).- Alactic O₂ debt and lactic acid production after exhausting exercise in man. *J. Appl. Physiol.*, 1973, 34, n° 5, pp. 628-632.
 (9) DI PRAMPERO (P.E.), PENDERGAST (D.R.), WILSON (D.R.), RENNIE (D.W.).- Energetics of swimming in man. *J. Appl. Physiol.*, 1974, 1, n° 5.

viduelle du développement des paramètres mesurés pendant une saison sportive.

— *une étude de leur évolution en fonction de l'âge et de l'entraînement.* Les évaluations à des âges plus avancés permettent aussi, éventuellement, de repérer d'autres sujets n'ayant pas participé aux premières opérations ou présentant un développement retardé.

— *une vérification du pronostic initial.* Malgré les quelques résultats positifs déjà enregistrés, il est actuellement prématuré de porter un jugement sur l'efficacité du modèle progressivement mis en place. Les nations qui nous ont précédés dans cette voie n'ont pu le faire qu'à l'issue de nombreuses années de travail et de patientes recherches...

Si les conditions d'accueil et d'entraînement suivent et si chacun des cadres sportifs, quel que soit le poste de responsabilité qu'il occupe, se sent concerné par cet important problème, alors il sera possible d'envisager avec optimisme le premier bilan prévu en 1985, ou 1986.

L'adoption de certaines étapes de ce modèle (étapes 1.3.4.5) par d'autres Fédérations (Basket-ball 1980, Escrime et Rugby 1981) démontre l'intérêt grandissant suscité par la détection, et l'évolution philosophique à son égard.

En effet, sur le plan éthique, le mot détection a longtemps véhiculé de nombreuses connotations peu valorisantes, car d'aucuns n'en ont retenu et n'en retiennent encore que les aspects négatifs.

Pour nous, détecter ne signifie pas

enfermer le jeune dans un système élitiste et limiter son choix mais, au contraire, en révélant ce qui est caché, ouvrir ce choix vers la réalité, mettant consciemment en accord les aspirations et les aptitudes individuelles. Chacun des débutants sportifs n'a pas les mêmes chances d'accéder un jour aux capacités requises par la performance de haut niveau; il faut avoir l'honnêteté de reconnaître ce postulat pour alors permettre à chacun de trouver les moyens les mieux adaptés au plein épanouissement de ses propres potentialités. Dans la perspective d'une pratique mieux équilibrée et plus rationnelle, la détection doit non seulement permettre de repérer les sujets à potentiels élevés, mais aussi être capable de leur proposer les conditions d'entraînement adéquates. Ceci n'exclut pas mais au contraire, accompagne et complète le développement de tous les autres niveaux de la pratique. En effet, les investissements matériels et investigations scientifiques requis par la détection ne peuvent que contribuer à la meilleure connaissance du développement de la motricité du jeune sportif et créer des impulsions nouvelles et variées, quels que soient les domaines de l'activité physique et sportive.

(10) DUVALLET (A.), MIDDLETON (P.), CERCETTI (J.P.), CAZORLA (G.), RIEU (M.).-Seuil de croissance de la lactatémie. Définition et méthode graphique d'interprétation. Application au suivi d'une équipe de natation. *Journ. de physiologie*, (Paris), 1981, 77 p. 6A.

(11) DUVALLET (A.), CERVETTI (J.P.), BARDINI (N.), RIEU (M.).- Étude de la lactatémie en post-compétition chez le nageur de haut niveau. Communication Grenoble, mai 1981.

(12) ERIKSSON (B.O.), KARLSON (J.), SALTIN (B.).- Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta. paed. Scand.*, 1971, suppl. 217, pp. 154-157.

(13) ERIKSSON (B.O.), GOLLNICK (P.D.), SALTIN (B.).- Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta physiol. scandinavica*, 1973, pp. 485-497.

(14) FILIPOVICZ (V.I.), TUROVSKI (J.M.).- De l'orientation sportive des enfants et des jeunes et différenciation structurale de leur motricité. Traduit du polonais par Szczesny S. *Sport Wyczynowy*, 1977, n° 11, pp. 61-67.

(15) HOLMER (I.).- Physiology of swimming man. *Acta Physiol. Scand.*, 1974, suppl. 407.

(16) HOUSTON (M.E.), WILSON (D.M.), GREEN (H.J.), THOMSON (J.A.).- Physiological and muscle enzyme adaptations to two different intensities of swim training. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 1981, 46, pp. 283-291.

(17) KEUL (J.), KINDERMANN (W.), SIMON (G.).-La transition aérobie - anaérobie lors de la pratique de certains sports. Comptes rendus du Colloque de Nice : Énergétique et sports de compétition, 4 nov. 1978.

(18) LAVOIE (J.M.), TAYLOR (A.W.), MONTPETIT (R.).- Skeletal muscle fibre size adaptation to an eight-week swimming programme. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 44, pp. 161-165.

(19) LÉGER (L.), BOUCHER.- An indirect continuous running multistage field test = The University of Montréal Track Test.

(20) MONTPETIT (R.), LÉGER (L.), LAVOIE (J.M.), CAZORLA (G.).- $\dot{V}O_2$ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O_2 recovery curve. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 1981, 47, pp. 385-391.

(21) MONTPETIT (R.), CAZORLA (G.).- The influence of force gravity and body drag on the energy cost of swimming the front crawl. Congrès International de Biomécanique et de Médecine en natation. Juin 1982.

(22) MONTPETIT (R.), CAZORLA (G.), LAVOIE (J.M.).- Aerobic energy cost of swimming the front crawl at high velocity in international class and adolescent swimmers. Congrès international de Biomécanique et de Médecine en natation. Juin 1982.

(23) PENDERGAST (D.R.), DI PRAMPERO (P.E.), CRAIG (A.B.), WILSON (D.K.), RENNIE (D.W.).- Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *J. Appl. Physiol.*, 1977, 43, n° 3, pp. 475-479.

(24) RIA (B.).- Analyse biomécanique de la force propulsive du nageur. Application à un plan d'entraînement à sec. Mémoire pour le diplôme de l'INSEP, 1981.