

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP
- INSEPS -



MEMOIRE DE MAITRISE EN STAPS

OPTION

PHYSIOLOGIE SPECIALE DE L'EXERCICE

**LA PRISE EN COMPTE DE QUELQUES VALEURS
PHYSIOLOGIQUES ET SPIROMETRIQUES DANS
L'ORIENTATION DES COUREURS**

Présenté et soutenu par :

Mambaye DIARRA

ANNEE ACADEMIQUE : 1998 - 99

Sous la direction de :

M. Assane FALL

Maître Assistant à l'INSEPS, certifié en Physiologie Spéciale
de l'Exercice et en Biométrie Humaine

DEDICACES

ET

REMERCIEMENTS

DEDICACES

En réalisant ce modeste travail, je ne peux m'empêcher de penser à mes chers parents à qui revient tout le mérite :

- Ma Mère Soukeyna DIAW, à qui j'adresse ma gratitude ma reconnaissance et mon estime.
- Mon père Amadou DIARRA, pour l'effort qu'il a toujours accompli pour notre éducation.

Je dédie aussi ce travail à :

- * Monsieur Moussa DIAW et Madame née Soda DIALLO qui m'ont gracieusement offert l'hospitalité, l'ambiance et le confort familial.
- * Monsieur Ibrahima DIARRA « PACHA » et famille
- * Monsieur Lamine DIARRA et famille
- * Adja Amy DIARRA et famille. Adja Marie DIARRA et famille
- * Feu Papa Moussa DIEYE et famille
- * Mère Ngone BA et famille
- * Monsieur Amadou BA et Mme née Ndèye Sophie DIAW
- * Monsieur Seydou DIAW et Monsieur Mamadou NDONGO
- * Monsieur Abdoulaye DIAW
- * Mère Marième DIAW
- * Mame Tacko DIAW
- * Adja Nafi DIARRA et famille
- * Monsieur Serigne Mbaye NDOUR et famille
- * Madame Marguerite DANSOKHO et famille

Mes dédicaces vont affectueusement aux familles :
NIANE, DIEYE, KOUROUMA, TRAORE

Ainsi qu'à mes frères et soeurs : Moustapha, Arona, Nafissatou, Ndèye Fatou, Marième Soda et Ndèye Awa

A mes cousins et cousines : Feu Momar et Moustapha DIAW, Babou, Ndèye Sophie Elimane, Badou, Iba, Adja, Moussa BALDE Maman KOUROUMA Maïkou, Nani ...

A mes neveux : Samba DIAW et Papa Madièye DIARRA

A Mes nièces : Adja DIAW, Dieynaba BA, Yari, Nafi, Adja Zeïna, Lena, Rama

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude envers tous les professeurs de l'INSEPS, le personnel administratif et technique et tous les étudiants.

* Mes plus grands remerciements s'adressent au professeur Assane FALL qui m'a guidé et encouragé tout au long de ce travail.

Messieurs :

- * Jean FAYE
- * Lansana BADJI
- * Moustapha YADE
- * Khaly SAMB
- * Mayacine MAR
- * Djibril SECK
- * Ado SANO
- * Michel DIOUF
- * Abdoul Wahid KANE
- * Mama SOW

Je voudrais aussi associer à ces remerciements mes amis :

Bill, Tounkara, Hubert, Bob, Laye; Tino, Seydou, Dièye, Mara Maguette Wade, Birame Thiaw, Ousmane Traoré Aïssatou FALL, Adama LY, Khar GAYE, Khady Diédhiou, Issa, Dioss, Philoméne, Marie Hélène et Quinta

Mes proches : Aïssatou TRAORE, Babou, TOUNKARA, Madièye, Elimane, Tino, Moussa, Moustapha DIARRA

Je remercie du fond du coeur : Papa Madièye MBAYE et tout ceux qui ont volontairement contribué sans contrepartie à ce travail : TOUNKARA, Ousmane TRAORE et son frère Souleymane TRAORE, Jacques PADONOU

PLAN

PLAN

	Pages
Introduction	8
I- Objet du Travail	10
- Vitesse	10
- Force	10
- Endurance	10
- Coordination	10
- Souplesse	11
II- Revue de littérature	13
1- Aptitude, Capacité et Qualités physiques	13
2- Caractéristiques des systèmes de production d'énergie	14
- Vitesse	15
- Résistance	15
- Endurance	16
3- Morphologie et Aptitude spécifique du Coureur	17
- Coureurs de vitesse	17
- Coureurs de demi - Fond	17
- Coureurs de Fond	17
- Coureurs de 110 m haies	17
- Coureurs de 400 m haies	17
4- Manifestations Physiologiques du coeur au cours de l'effort	17
- Le coeur	17
- Le fonctionnement du coeur	17
- La fréquence cardiaque	19
- Le cardio-fréquencemètre	21
5- Comment améliorer ces paramètres physiologiques au cours de la discipline ?	21
- Le sprinter court	21
- Le sprinter long	21
- Le coureur de demi-fond court	21
- Le coureur de demi fond - long	22
- Le coureur de fond	22
- Le coureur de grand fond	22
- La force	22
6- Le demi - Fond	22

III- Matériel et Méthode	26
1- Population cible	26
2- Caractéristiques biométriques	26
3- Mesures physiologiques	26
4- Méthode et technique de mesure	26
- Epreuve de course progressive sur piste	26
- Epreuve de course progressive sur piste (tableau)	27
5- Matériel	27
- Mesure de la taille debout	27
- Mesure du poids	27
- Spirographie	28
- Procédé statistique	29
IV- Présentation des résultats et analyse	
- Présentation des résultats	32
- Analyse	43
Résumé et Conclusion	45
Annexes	
Références bibliographiques	47

INTRODUCTION

De nos jours, l'athlétisme africain connaît un succès réel. En effet nous avons constaté des progrès très significatifs par rapport au reste du monde au cours de ses dernières années. Mais ceci ne doit pas occulter les nombreuses difficultés liées à la pratique de cette discipline, surtout sur le plan technique

L'étude que nous allons mener va porter sur des athlètes d'un assez bon niveau ayant réalisé des performances respectables et chez qui nous sentons un réel potentiel physique.

On s'est proposé de voir quelles étaient les qualités physiologiques qui prédominent chez eux dans le souci de savoir s'ils étaient bien orientés. Ils peuvent être assez bons dans une discipline, mais pourraient l'être davantage dans une autre si les entraîneurs tenaient compte de la valeur des tests physiologiques.

Là se pose le problème de la détection du talent et de l'orientation qui, à notre avis, doivent déboucher sur une méthode scientifique qui devrait permettre aux entraîneurs de poser avec objectivité et rigueur toutes les chances que peut avoir l'athlète pour être excellent dans sa discipline, par conséquent, on devra le soumettre à une formation qui obéisse à des procédés bien élaborés.

Donc nous pensons qu'un recul s'avère nécessaire pour déceler toutes les insuffisances dans ce domaine et essayer d'amorcer une ligne directrice pouvant favoriser l'émergence d'une élite performante, afin que les athlètes soient orientés dans les disciplines où leurs qualités physiologiques répondent le mieux, les conséquences d'une mauvaise orientation constituant les écueils où viennent se briser les efforts d'un athlète et de son entraîneur désireux de bien faire.

Ainsi, en nous appuyant sur certaines données physiologiques et paramètres ventilatoires, notre ambition est de fixer quelques principes, mesures et rapports qui peuvent, à notre sens permettre de systématiser l'entraînement.

La charpente de cette étude se divise en quatre chapitres :

- 1- Objet du travail
 - 2- Revue de littérature
 - 3- Matériel et méthode
 - 4- Présentation des résultats et analyse
- Conclusion

Objet du Travail

I- OBJET DU TRAVAIL

Il est important pour un entraîneur d'évaluer les qualités physiques d'un athlète afin d'avoir des points de repère en vue de l'amélioration de ce potentiel par l'entraînement. Ce potentiel physique est constitué de ce qu'on appelle capacités motrices ou qualités physiques.

On en répertorie classiquement cinq :

1- La vitesse

Qualité qui permet d'effectuer un maximum d'actions motrices dans un minimum de temps. En réalité cette qualité est complexe et on peut la diviser en

- vitesse de réaction
- vitesse d'exécution d'un geste isolé
- fréquence gestuelle
- vitesse de déplacement cyclique

La vitesse est liée :

- au système nerveux central
- aux qualités du système musculaire
- aux possibilités énergétiques du muscle

2- La force

Qualité qui permet d'appliquer à une masse, une accélération.

Si la masse est trop élevée et qu'il ne peut y avoir de déplacement, on parlera de force statique, s'il y a déplacement, on parlera de force dynamique, voire explosive si la masse est légère.

3- L'endurance

Théoriquement : c'est une qualité qui permet de maintenir une action motrice pendant un certain temps. On peut distinguer :

- l'endurance de courte ou de moyenne durée, (30'' à 4 à 5 mn) d'intensité élevée, que l'on définissait autrefois comme la qualité de résistance, et qui correspond au système énergétique anaérobie lactique.

- l'endurance de longue durée (5 mn et plus) correspondant aux possibilités du système énergétique aérobie, liées en grande partie aux capacités cardio-pulmonaires

4- La coordination

C'est la qualité qui permet à un sujet sportif de maîtriser sûrement et économiquement sur le plan énergétique des actions motrices dans des situations prévisibles et imprévisibles et d'apprendre relativement vite des gestes sportifs.

Elle est liée essentiellement au système nerveux.

5- La souplesse

C'est la qualité qu'a un individu de pouvoir exécuter des mouvements de grande

amplitude angulaire par lui même ou sous influence auxiliaire de forces extérieures. Elle est liée aux possibilités d'étirement des muscles et des articulations

Nous savons que ces différentes qualités ont entre elles des rapports plus ou moins étroits et sont généralement associées entre elles dans les différentes activités physiques et dans des propositions variables suivant la spécialité pratiquée.

Si l'évaluation du potentiel physique s'appuie généralement sur ces cinq (05) qualités citées, nous jugeons qu'il est tout à fait nécessaire d'y ajouter quelques tests de laboratoire et de les soumettre à un groupe d'athlètes d'assez bon niveau dans leurs disciplines respectives. Il s'agira ensuite de déterminer la qualité la plus saillante et d'apprécier à posteriori la relation avec la discipline sportive du moment dans laquelle il s'exerce, car il nous semble que beaucoup d'athlètes sont mal orientés. Les entraîneurs devraient donc compléter la gamme de tests de détection par des épreuves de laboratoire qui peuvent être discriminants et aider ainsi à mieux cibler la discipline qui soit réellement en rapport avec le potentiel physique de l'athlète. Voilà en quoi consiste l'objet de notre étude.

REVUE DE LITTERATURE

II- REVUE DE LITTERATURE

Aptitude - Capacité - Qualité

On trouve dans la littérature spécialisée plusieurs termes pour désigner les possibilités biologiques individuelles; ceux ci sont parfois utilisés indifféremment par les uns et les autres, aussi convient-il d'en préciser les sens respectifs.

L'Aptitude physique

Pour Claude Louis Gallien (INSEP N° 157 Mai - Juin 1979) l'aptitude constitue une disposition, elle fait référence à un donné génétique, les aptitudes sont des possibles des potentialités. Les aptitudes physiques font partie du génotype (inné), elles font référence à la structure héritée de la lignée ancestrale; c'est un « donné », leur exploitation échappe donc au praticien des conduites motrices.

Ainsi, parler du développement des aptitudes physiques n'est guère concevable, tout au plus peut-on parler d'actualisation de celles-ci. Citons par exemple la structure histologique d'un muscle ou encore du cortex cérébral et des « précablages » des programmes locomoteurs; par exemple, le « codage structural d'adresse » mis en évidence par la psychophysiologie constitue une aptitude.

Les capacités physiques

Elles traduisent l'actualisation fonctionnelle de la structure génétiquement programmée (innée); elles représentent un pouvoir d'action. Ainsi au cours de cette actualisation liée à la mise en situation, on passe du possible au pouvoir, les capacités font référence au phénotype (innée + acquis). Ainsi un muscle riche en fibres oxydatives (st) possède une aptitude aux activités aérobies et la consommation maximale d'oxygène (VO₂ Max) constitue une capacité à utiliser de l'oxygène (puissance maximale aérobie). L'exploration fonctionnelle d'efforts vise à évaluer les capacités physiques d'un sujet. L'identification des aptitudes physiques est du domaine de la génétique, de la neurophysiologie ou de l'analyse histologique, tandis que l'évaluation des capacités physiques est du domaine de l'exploration fonctionnelle d'efforts, elle nécessite l'usage du laboratoire, et actuellement est d'un accès difficile et hasardeux pour le praticien des conduites motrices.

Les qualités physiques

L'activité physique programmée permet d'actualiser des aptitudes et de développer les capacités physiques de manière sélective; mais celles-ci sont exprimées lors d'activités de terrain au cours desquelles le praticien préfère parler de qualités physiques. Le terme de *qualité* désigne couramment une manière d'être, une disposition heureuse ou encore l'excellence dans un domaine. En EPS les qualités physiques désignent des potentialités motrices favorables à la réalisation d'une performance; pour ZATSIORSKY (in Méthodique du développement des qualités physiques; DOC INSEP 1956) elles constituent les « possibilités motrices indépendantes d'une spécificité technique »

Elles mettent en jeu des réseaux de capacités dont elles constituent le chaînon opératoire,

par exemple l'endurance que l'on définit habituellement comme le pouvoir de prolonger longtemps une activité d'intensité modérée constitue une qualité physique qui peut dépendre de la capacité d'assurer une bonne thermolyse ou d'utiliser de manière précoce puis prolongée les acides gras libres (AGEL - FFA) ou encore des capacités neuro - musculaires ou ostéo-articulaires.

2- Caractéristiques des systèmes de production d'énergie

L'ATP est présente en petite quantité dans la fibre musculaire et elle est reconstituée par trois systèmes de production d'énergie et cet ATP est l'énergie requise pour tout type de travail musculaire. La composante organique concerne les modalités de production d'énergie et le rendement de l'activité physique. Une performance sportive est toujours le résultat d'un travail mécanique. Dans le muscle, l'énergie immédiate mise à la disposition des myofibrilles est fournie par l'hydrolyse. Cette transformation chimique est couplée directement avec la déformation des protéines contractiles, et engendre ainsi la production d'énergie mécanique. Or l'intermédiaire obligé qui est l'ATP est en très faible quantité dans le muscle et son renouvellement est indispensable pour la suite des contractions.

A cet effet, trois filières métaboliques sont disponibles. Les modalités de fonctionnement et les limites de ces trois métaboliques définissent les qualités physiques que sont la vitesse, la résistance et l'endurance.

La vitesse

Elle consiste à faire un effort maximal de quelques secondes comme une course de 50 m. Sa réalisation nécessite un grand débit d'énergie produit pendant un très court temps. Cette énergie est fournie par la dégradation des liaisons phosphates (phosphocréatine et adénosine triphosphate).

La résistance

C'est la capacité de soutenir un effort très intense, épuisant le sujet en 1 ou 2 minutes, comme une course de 400 m ou 800 m L'énergie trouve sa source dans la glycolyse anaérobie ou la dégradation du glucose en pyruvate en partie transformée en lactate. La puissance de ce métabolisme intermédiaire est difficile à préciser, tandis que sa capacité est déterminante. Cependant, le 800 m est une épreuve physique intermédiaire entre la résistance et l'endurance de faible capacité

L'Endurance

C'est la capacité de prolonger pendant plusieurs heures un effort d'intensité moyenne, comme le marathon, l'énergie est produite par la consommation de glucides et lipides, avec consommation d'oxygène.

Vitesse

On définit habituellement la vitesse comme la faculté d'effectuer des actions motrices dans un temps le plus court possible. On distingue habituellement depuis les publications de VMZATSIORSKY comme composantes de la vitesse d'exécution d'une séquence motrice,

la vitesse de réaction motrice (VRM) et la vitesse gestuelle (VG) ainsi que la force. La VRM ou temps de la latence de la réaction dépend de la nature du signal et de la réponse, on distingue la VRM simple (réponse par un mouvement connu à un signal connu, par exemple le départ du 100 m).

Il convient donc de distinguer dans la formation de la vitesse, l'entraînement de la VRM spécifique, de la vitesse ou fréquence gestuelle, de la puissance maximale et enfin de l'endurance du métabolisme anaérobie alactique ou encore capacité anaérobie alactique dont dépend la faculté de prolonger un effort d'intensité maximale.

On devra veiller à :

- l'amélioration de la puissance aérobie alactique et
- l'amélioration de la capacité anaérobie alactique

Résistance

Elle se définit comme la capacité à prolonger des efforts à puissance surcritique c'est à dire des efforts limités en durée par l'élévation de la lactémie et réalisés à des puissances relatives supérieures à 70 % de VO₂ Max pour le sujet moyen et inférieurs à la vitesse maximale du sujet. La limite supérieure de résistance est donc caractérisée par l'allure infra maximale et la limite inférieure par l'allure critique. Ceci concerne l'ensemble des épreuves maximales d'une durée supérieure à 7 à 10 secondes et inférieure à 30 minutes, ce qui recouvre sensiblement les épreuves de sprint long et de demi fond et même de fond pour le haut niveau. Dans ces épreuves la dette lactique d'O₂ contractée est voisine du maximum (environ 10 litres pour les athlètes spécialisés - d'après Karlson et Coll 1972)

Cette dette maximale d'O₂ représente la capacité anaérobie lactique du sujet. Elle peut être contractée plus ou moins brutalement au cours de l'effort selon la puissance exigée. Elle est sensiblement la même pour un 200 m, un 400 m et un 1 500 m si bien que restant importante, elle diminue lors des épreuves de fond sur piste pour devenir faible lors des épreuves de grand fond témoignant ainsi de l'importance de la néoglycogénèse au cours de ces épreuves.

Ces épreuves à haute exigence anaérobie lactique utilisent un apport énergétique glycolytique proportionnel à la puissance relative de l'exercice; en outre, à une vitesse donnée sur critique élevée plus la VO₂ Max du sujet est importante moins l'exercice est anaérobie. Enfin plus l'allure est élevée plus la puissance du métabolisme glycolytique anaérobie prend de l'importance.

L'entraînement de la résistance doit donc réaliser les trois (3) objectifs suivants :

1- Amélioration de la puissance maximale aérobie

Quand le volume de la séance est important, il constitue donc une exposition prolongée à la consommation maximale d'oxygène. On retrouve la performance du principe d'alternance d'exercices soutenus voisin du PMA menant la fréquence cardiaque à son maximum à la fin de la fraction et d'exercices modérés de même durée permettant un retour de la fréquence cardiaque à celle d'état stable vrai (endurance fondamentale) en fin d'intervalle à allure modérée.

2-Amélioration de la puissance glycolytique

Elle réalise l'amélioration du débit énergétique de la glycolyse (puissance glycolytique). Le substrat énergétique est essentiellement constitué par le glycogène. Elle se réalise lors d'exercices supérieurs à la puissance maximale aérobie, le sujet contracte une dette d'oxygène se traduisant par une élévation rapide de la lactémie.

3- Amélioration de la capacité lactique.

Il s'agit d'améliorer l'endurance sur critique en retardant l'apparition de la lactacidité marquée et en diminuant ses effets sur la capacité à prolonger l'exercice.

L'endurance

C'est une méthode adaptée pour courir longtemps, donc sur un rythme lent. L'endurance est à la base de l'entraînement athlétique. Elle permet de développer progressivement les qualités nécessaires, et en particulier, l'appareil cardio pulmonaire.

Pendant tout le temps où l'on court en endurance, le rythme cardiaque ne doit pas dépasser 120 pulsations. On doit également pouvoir parler librement, l'organisme n'étant pas en dette d'oxygène, car l'air respiré contenant suffisamment d'oxygène pour équilibrer celui absorbé par l'effort

En règle générale, développer son endurance, c'est être garanti d'une bonne condition physique. Elle a pour but d'augmenter la résistance cardiaque, d'apporter une production de globules rouges, d'activer la circulation et d'améliorer les organes respiratoires.

D'un point de vue pratique, la conduite à tenir est de rechercher l'allure qui permette de poursuivre longtemps l'exercice, de ralentir ou d'effectuer une pause active dès qu'apparaissent les difficultés respiratoires ou musculaires afin de permettre une exposition prolongée en régime d'état stable. On réalisera une ou deux ou trois séances hebdomadaires selon que l'on recherche un objectif d'entretien ou de formation. Ces exercices peuvent être pratiqués de manière continue durant une ou plusieurs dizaines de minutes pour l'endurance maximale aérobie. Elle peut aussi se réaliser à l'aide d'exercices à allures variées (FARTLECK) ou par alternance d'efforts et de contre efforts (endurance par intervalles longs ou par intervalles courts ou intervalle training).

Le principal fondement étant de permettre une exposition prolongée à des puissances relatives allant de 50 à 70 % de VO2 Max.

Ainsi développer son endurance, c'est augmenter la quantité d'énergie disponible en régime aérobie ou état stable sans qu'apparaisse une dette d'oxygène se traduisant par une élévation marquée de la lactémie et des difficultés ventilatoires. L'amélioration de l'endurance témoigne d'une capacité homéostatique supérieure liée à une meilleure utilisation des acides gras libres, un stockage plus important de glycogène et une capacité néoglycogénique supérieure

3- Morphologie et Aptitude spécifique du coureur

Les précisions que nous donnerons ci-après concernent les sujets formés. Avec les tests athlétiques et fonciers, et cette étude de la morphologie, on peut se faire une idée de l'orientation à donner à un débutant junior ou senior qui se livre à l'athlétisme pour la première fois.

*** Les coureurs de vitesse**

(Jusqu'au 200 m) Ils sont généralement des athlètes aux jambes, au torse et aux bras puissants; ce sont, parmi les coureurs, les plus musclés. Leurs tailles varient généralement entre 1,70 et 1,85 m, le poids de 75 à 85 kg.

*** Les coureurs de demi - Fond**

Ils ont la stature plus fine, les jambes plus longues que les sprinters et la taille variant entre 1,70 m et 1,80 m et le poids du corps de 65 à 75 kg.

*** Les coureurs de Fond**

Ils sont encore moins musclés que les précédents Il ont en général une taille plus petite, la résistance et l'endurance sont des qualités qui s'acquièrent avec le travail et les années.

*** Les coureurs de 110 m haies**

Ils ont une taille moyenne et sont relativement rapides, léger et dotés d'une bonne détente.

*** Les coureurs du 400 m haies**

Généralement on retrouve chez ces coureurs les qualités du coureur de demi-fond et une grande souplesse.

4- Manifestations physiologiques du coeur au cour de l'effort

*** Le coeur**

Tout effort musculaire entraîne une augmentation de la consommation d'oxygène. Pour répondre à une demande importante, l'ensemble poumon/coeur/vaisseaux (système cardio-pulmonaire) doit obligatoirement s'adapter. L'augmentation du débit sanguin oxygénée en résulte.

Cette adaptation se réalise en 3 phases :

- augmentation du débit cardiaque
- augmentation du débit circulatoire
- augmentation de la circulation pulmonaire afin qu'il y ait le maximum de sang en contact avec l'oxygène alvéolaire

*** Le fonctionnement du coeur**

A chaque contraction, le coeur chasse le sang du ventricule gauche dans la

circulation. Le volume du sang ainsi évacué après chaque contraction est appelé « systolique ». Le terme « fréquence cardiaque » représente le nombre de battements à la minute.

Le débit cardiaque est donc le produit du volume systolique, par la fréquence cardiaque.

Si j'augmente la fréquence des battements et le volume systolique il s'ensuivra un accroissement du débit cardiaque.

* Avoir le gros coeur

Le coeur est un muscle creux. Le myocarde est son enveloppe contractile. Comme tous les muscles, il se développe en fonction du travail qu'on lui impose; plus il travaille, plus il se développe relativement. L'activité physique constante provoque une hypertrophie du muscle cardiaque : c'est le « gros coeur » du sportif qui effrayait il y a une vingtaine d'années certains médecins. Il apparaît aujourd'hui comme le résultat positif d'une assiduité correctement menée à l'entraînement

* Coeur lent et coeur rapide

Il suffit de prendre son pouls pendant une minute pour connaître sa fréquence cardiaque au repos, le matin en se réveillant; nous sommes ainsi près de la vérité

Lors d'un effort, la fréquence cardiaque va augmenter, surtout au début, puis prendre progressivement un rythme stable qui sera conservé pendant la durée de l'effort. A ce moment, une certaine sensation de bien être apparaîtra; ce sera le second souffle. Le débit cardiaque a rempli son rôle, s'ajoutant à la consommation musculaire; ainsi l'effort peut se prolonger. Si à cet instant, on prend le pouls de deux athlètes accomplissant le même effort, on découvrira une fréquence différente. Pourtant l'exercice est le même, les dépenses énergétiques aussi, les consommations d'oxygène sont égales : les deux athlètes devraient avoir donc le même débit cardiaque

Celui qui aura la fréquence cardiaque la plus rapide sera plus vulnérable au rythme de l'effort imposé.

Par conséquent, plus le coeur bat vite, moins il a le temps de se remplir. Il va donc atteindre une vitesse de battements moins efficace. La chute du débit cardiaque qui s'ensuit impose la suspension de l'effort par l'asphyxie.

Les athlètes présentant le plus gros volume systolique seront les plus efficaces. Au repos, ils auront un coeur lent. Le ralentissement de la fréquence cardiaque permet de suivre l'efficacité de la méthode d'entraînement sur la progression de l'aptitude cardiaque. D'où l'intérêt de surveiller son pouls. Il peut se prendre à la carotide ou au poignet. Il faut

compter de préférence les pulsations sur 15 secondes et ensuite multiplier les résultats par quatre; ainsi obtiendra-t-on le nombre total de pulsations à la minute.

Après un entraînement intensif, la prise du pouls au réveil permet de juger la récupération. S'il est nettement supérieur au rythme habituel, cela peut venir d'une méforme. Lors de l'entraînement il faut prendre son pouls pendant quinze secondes. Après un entraînement intensif, la prise du pouls au réveil permet de juger la récupération. S'il est nettement supérieur au rythme habituel, cela peut venir d'une méforme. Lors de l'entraînement il faut prendre son pouls pendant quinze secondes. Après ce temps le pouls diminue.

Cette méthode revêt une importance dans l'éducation du sportif, lorsque celui-ci entreprend un travail fractionné. Il lui sera souvent demandé et conseillé de refaire son parcours une fois son rythme cardiaque redescendu entre 100 et 110 pulsations, d'où la nécessité de bien savoir prendre son pouls

* La fréquence cardiaque

La prise du pouls représente depuis longtemps une méthode simple pour apprécier le travail au cours d'un entraînement. En admettant bien sûr qu'il est identique à la fréquence cardiaque.

Ainsi peut-on obtenir d'une manière très rapide des indications pour évaluer la charge cardiaque conditionnée par un travail musculaire

Toutefois, les difficultés commencent à se présenter lors de l'interprétation des résultats, car la fréquence cardiaque est influencée par de nombreux paramètres. Mis à part la composante psychique, par exemple au moment du démarrage d'une compétition, il n'est pas inhabituel de trouver une fréquence de 150 battements / minute; l'état d'entraînement, la taille du coeur ainsi que probablement des dispositions individuelles seront les facteurs déterminants

Lorsqu'il s'agit de conduire un entraînement dans certaines zones de fréquence afin d'obtenir un effet entraînement spécifique, cette propriété devient intéressante.

Il existe des règles empiriques comme par exemple $180 \text{ battements} - \text{l'âge} = \text{fréquence d'entraînement}$; celle-ci doit être atteinte si l'on veut obtenir un effet spécifique d'endurance. Ou bien $200 - \text{l'âge}$ ou encore $220 - \text{l'âge}$. Par ailleurs, la fréquence de 130 pulsations telle qu'elle est souvent répandue dans le sport de masse n'est plus à prendre comme règle absolue, sans oublier qu'elle est souvent mal interprétée, car il faut la dépasser pour obtenir un effet d'entraînement et non la considérer comme une valeur maximale limite

D'autres formules plus complexes, telles que celle de KARVONEN permettent d'obtenir des valeurs de fréquence cardiaque d'entraînement, sont exactes pour une application individuelle.

A cela s'ajoute un autre problème; nous savons en effet, d'après l'évaluation de l'effort chez les sportifs de haut niveau que l'entraînement est plus facile à conduire lorsque les échanges métaboliques (par exemple la détermination de la concentration de l'acide lactique dans le sang) sont préalablement mesurés en laboratoire. On peut ainsi différencier le domaine aérobique et anaérobique. Dans presque toutes les disciplines sportives l'entraînement aérobique fait partie de la période de *pré-compétition* et constitue l'entraînement de base. Au cours des périodes d'entraînement ultérieures l'entraînement aérobique pourra bien entendu prendre une place prépondérante. Jusqu'à une date assez récente on qualifiait d'entraînement aérobique un exercice au cours duquel le taux d'acide lactique ne dépasse pas 4,0 mmol/l. Ce taux était considéré comme le seuil anaérobique. Mais au cours des dernières années, l'expérience a montré que ce seuil individuel se situe parfois à 4,5 ou 3,5 mmol/l. En mesurant simultanément le taux d'acide lactique et le pouls lors d'une charge de travail croissante, il devient alors possible de déterminer une fréquence cardiaque adaptée. Bien qu'ici les valeurs fournies varient de 140 à 185 pulsations pour l'entraînement aérobique. On sait maintenant que dans le domaine aérobique, on peut établir d'autres subdivisions. On obtient ainsi pour un taux d'acide lactique de 3,5 mmol/l une stabilisation des échanges organiques. En revanche, avec un taux de 2,0 mmol/l il se produit une stabilisation des échanges

En établissant les valeurs du pouls correspondantes, on remarquera par exemple qu'entre 150 et 160 pulsations la circulation est entraînée, qu'entre 160 et 170 pulsations le processus des échanges organiques débute et que c'est seulement au delà de 170 pulsations que commence le domaine aérobique.

Comme il n'est cependant pas possible d'entraîner toujours dans la plage anaérobique, il serait par conséquent souhaitable de conduire l'entraînement en fonction de la fréquence cardiaque.

Il se pose ici le problème de savoir comment obtenir une mesure de la fréquence cardiaque aussi exacte que possible. Doit-on la mesurer manuellement à l'aide d'un chronomètre ?

C'est en principe, la méthode courante mais celle-ci présente néanmoins certaines imperfections

D'une part, la mesure doit être effectuée immédiatement après l'effort, car au bout de 20 secondes, la fréquence a tellement baissée que la valeur obtenue est totalement fautive, d'autre part, les pulsations doivent être mesurées dans un laps de temps très court de 6 secondes. On obtient la fréquence réelle en multipliant le chiffre obtenu par 10. ce qui fait qu'une erreur d'un battement au départ donne un résultat totalement erroné puisque l'erreur se trouve multipliée par 10. Une valeur relativement correcte au départ aboutit donc à une erreur. Pour obtenir une évaluation précise de la fréquence cardiaque, il faut utiliser un Cardio - Fréquencemètre.

Le Cardio - Fréquencemètre

C'est ainsi que l'Institut Régional de recherche en médecine du sport en Bavière, animé par les docteurs H. PABST et W. KLEINE, a testé un appareil appelé « Rythmostat » fonctionnant grâce à une ceinture à électrodes sèches fixée sur le thorax. Le Rythmostat est un appareil de contrôle du rythme cardiaque, fait pour être porté pendant l'entraînement. Etant donné que le rythmostat contrôle constamment le rythme cardiaque, le sportif n'a pas besoin d'arrêter périodiquement son entraînement pour prendre son pouls. Sans ces interruptions, les sportifs sont libres de s'entraîner continuellement dans la plage de rythme cardiaque prescrite tout en empêchant que le pouls, déterminé de façon inexacte, ne conduise au surmenage.

Il apparaît très clairement que cet appareil peut révolutionner les différentes méthodes d'entraînement et apporter un plus aux athlètes qui pourront tout au long de leur entraînement, contrôler leur rythme cardiaque en fonction d'un programme établi. FRANCESCO Moser a utilisé cet appareil lors de sa préparation au record du monde de l'heure. Certains athlètes de haut niveau semblent également apprécier cette méthode dans leur entraînement.

Mais, il faut rappeler que si cet entraînement effectué à l'aide d'un cardio - fréquencemètre est conseillé, il faudra toutefois veiller à la fiabilité de l'appareil utilisé et continuer à fréquenter soit votre cardiologue, soit votre entraîneur afin de déterminer une plage de rythme cardiaque personnalisée, qui vous sera bénéfique.

5- Comment améliorer ces paramètres physiologiques au cours de la discipline?

Ce travail n'est qu'un point technique : il va de soit que, pour chaque coureur, il existe des problèmes particuliers; c'est là qu'entre en jeu le travail de l'entraîneur pour une orientation de l'entraînement d'après les tests et les résultats de compétition, mais surtout d'après le métier d'entraîneur qui ne s'obtient qu'après des années d'expérience sur le terrain.

- Le sprinter court

60 à 100 m, il travaille surtout sa vitesse par des répétitions sur des distances courtes et sa résistance; il exécutera un petit travail d'endurance, de musculation hivernale et un rodage technique de son départ.

- Le sprinter long

200 à 400 m, il travaille surtout sa résistance par un gros effort de fractionné sur piste, sa vitesse sur distances courtes, une musculation générale et son endurance par des footings légers.

- Le coureur de demi- fond court

800 à 1 000 m, il travaille les mêmes qualités que les sprinters longs en accordant une place plus importante au travail d'endurance.

- Le coureur de demi-fond long
1 500 à 3 000 m, il cultive en premier sa résistance et son endurance, mais accomplira un gros travail de train.

- Le coureur de fond
5 000 à 10 000 m, il développera son endurance et sa résistance et accordera une très grande place au travail de train. Le nombre de kilomètres digérés doit être le plus grand possible.

- Le coureur de grand fond
Marathon et Heure, travaille surtout son endurance et son train par de longs footings et des parcours fractionnés sur piste

La force

La force musculaire est la capacité du corps d'exercer une force. La force est importante pour chaque épreuve.

Les fibres musculaires au sein des muscles réagissent quand soumises à des séances de musculation ou de résistance. Cette réaction rend le muscle plus efficace.

La force peut être divisée en trois types .

*** La force maximale**

Il s'agit de la plus grande force qu'un muscle en contraction puisse produire. Elle est importante dans les épreuves où une large résistance doit être surmontée.

*** La force élastique**

Elle est le type de force requise afin qu'un muscle puisse agir rapidement contre une résistance. Ce type de force est importante dans les épreuves explosives.

*** La force endurance**

C'est la capacité des muscles à continuer d'exercer une force même si la fatigue se fait de plus en plus sentir. La force endurance est simplement une combinaison de la force et de la durée du mouvement.

Le demi - fond

Les spécialités du demi fond exigent un entraînement plus important que celui nécessité par les courses de vitesse.

En effet, à préparation de base égale, les qualités de résistance et d'endurance ne peuvent être améliorées que grâce à un entraînement quasi quotidien et même bi-quotidien selon un nombre de spécialistes. Pour l'entraînement d'endurance dite intégrale, c'est à dire pour une préparation basée sur une course lente à un rythme cardiaque relativement peu élevé (pas plus de 130 ou 140 pulsations par minute). On préconise des distances d'entraînement allant de 10 km pour les coureurs de 800 m à 30 km pour les coureurs de 5 000 m et de 40 à 80 km pour les spécialistes de grand fond.

Pour l'entraînement par intervalles également, ainsi que pour tout procédé d'entraînement, le spécialiste a besoin de beaucoup plus de temps que pour celui de la vitesse.

On peut donc dire en gros que, plus la distance de compétition est longue plus il faut travailler, la quantité de travail prenant progressivement le pas sur son intensité. Chaque cas particulier nécessite un dosage établi à force de patiente observation, la durée de l'entraînement étant d'autant plus longue que le spécialiste sera lourd : en effet l'amélioration des qualités d'endurance est pour une large part fonction inverse du poids à déplacer.

* Les qualités morales

Il va de soi que, outre la durée de l'entraînement, l'acquisition de la résistance et de l'endurance nécessite une accoutumance à la souffrance, des qualités de courage, de cran, de volonté, de persévérance beaucoup plus que pour les autres spécialités. Une interruption de entraînement ne pourrait être compensée comme elle l'est ailleurs par l'utilisation d'une technique acquise, cet élément rentrant pour peu de chose dans une préparation faite de longue patience et de lente évolution physiologique.

* L'entraînement

Nous avons vu que les éléments techniques prenaient véritablement peu de place dans la préparation, tout l'effort étant porté sur l'amélioration physiologique et la préparation psychologique, car un tel entraînement ne peut porter ses fruits que si l'athlète se prépare avec goût. La musculation spécifique légère parfois discutée, semble dans un certain nombre de cas donner de bons résultats, étant toujours entendu que la formation musculaire, le renforcement articulaire, le travail d'assouplissement et d'élongation sont considérés comme acquis et font simplement l'objet d'un entretien.

La préparation physiologique est sans cesse améliorée par un entraînement de longue haleine ininterrompu.

Du 800 m au 10 000 m les qualités de vitesse deviennent de moins en moins nécessaires, celles de résistance puis d'endurance de plus en plus, le plan annuel est personnalisé au maximum et là aussi, la période des compétitions préparée par une répétition de rythme de course doit être exploitée avec prudence.

* Le rythme respiratoire

Une ventilation efficace qui permet le plus longtemps possible de répondre aux besoins en oxygène de l'organisme retarde d'autant les signes de fatigue en augmentant finalement le rendement athlétique. C'est pourquoi, il faut dans les courses de demi fond et de fond apporter un soin particulier au rythme respiratoire. L'essentiel consiste à effectuer les expirations d'une façon active et volontaire, tandis que les inspirations seront passives, en effet, l'appel d'air devenant un besoin vital, il devient inutile de rechercher l'inspiration volontaire.

Les inspirations doivent donc à l'entraînement être contrôlées pour qu'elles puissent parvenir à un automatisme suffisant : elles sont d'autant plus appuyées que l'effort est intense, elles sont continues, étalées sur deux ou trois foulées, avec une utilisation de la respiration dite abdominale qui facilite le travail du diaphragme. Les inspirations sur généralement deux foulées consistent donc à laisser passivement pénétrer l'air.

MATERIEL ET METHODE

III- MATERIEL ET METHODE

1- Population cible

Une population de 18 sujets s'est prêtée à notre étude; tous de sexe masculin, âgés entre 20 et 30 ans, sont des sprinters courts, des sprinters longs, des coureurs de demi-fond court et des coureurs de demi-fond long. Ces athlètes ont établi des performances d'une moyenne de 10"68 au 100 m, 48" au 400 m et 1'53" au 800.

2- Caractéristiques biométriques

	Poids (kg)	Taille (cm)	Ages (années)
Moyenne	66,19	175,16	24,8
Ecart-type	+/- 9,79	+/- 6,61	2,96

Tableau 01

3- Mesures physiologiques

- Le test de course progressive
- la Capacité Vitale (CV)
- le VEMS (volume expiré au maximum en une seconde)
- le VEMS / CV
- la FC au repos et la FC à l'effort.
- la PA au repos et la PA à l'effort
- la FC 5 mn après l'effort

4- Méthode et technique et mesure

- Epreuve progressive de course sur piste (Léger et Boucher, 1981).

L'épreuve détermine la Puissance Aérobie Maximale fonctionnelle (PAMF). C'est une épreuve de course sur piste de 400 m mètres. la Vitesse est réalisée au moyen d'une bande sonore, émettant des sons à intervalle régulier. A chaque bip, l'athlète ajuste sa vitesse de course pour se retrouver à la borne placée 50 mètres après. Et ceci tout au long de la piste de 400 mètres. L'épreuve commence par une marche lente, mais la vitesse augmente automatiquement et progressivement toutes les deux minutes.

Pour les sportifs entraînés, et particulièrement pour les coureurs de longues distances, l'épreuve commence au palier 04. Le but de l'épreuve est de compléter le plus grand nombre de paliers de deux minutes, l'athlète s'arrête lorsqu'il n'est plus capable de suivre le rythme imposé ou pense ne plus être capable d'atteindre la fin du palier en cours.

L'athlète retient alors le numéro du dernier palier atteint, indiqué par la bande sonore. La durée de l'épreuve dépend donc de la capacité aérobie de l'athlète. En gros, l'épreuve se fait en file indienne de six à huit athlètes qui peuvent se trouver à chaque borne placée tous les cinquante mètres, de telle sorte que, soixante athlètes peuvent passer le test à la fois.

En résumé, il s'agit d'une épreuve continue progressive et maximale, c'est à dire facile au début, mais de plus en plus difficile vers la fin.

* Epreuve progressive sur piste (palier de 2 min) Leger BOUCHER (1981)

Palier (m)	Vo2 (ml.mn.kg)	Durée (min.)	Vitesse		Temps
			Km/h	m/s	fractionne sur 50 m(s)
5	17,5	2	6	1,67	30 000
7	24,5	4	7,10	1,97	25 350
9	31,5	6	7,16	1,99	25 140
10	35	8	8,48	2,36	21 226
11	38,5	10	9,76	2,71	18 442
12	42	12	11	3,06	16 364
13	45,5	14	12,21	3,39	14 742
14	49	16	13,39	3,72	13 443
15	52,5	18	14,54	4,04	12 380
16	56	20	15,66	4,35	11 494
17	59,5	22	16,75	4,65	10 746
18	63	24	17,83	4,95	10 095
19	66,5	26	18,88	5,24	9 534
20	70	28	19,91	5,53	9 041
21	73,5	30	20,91	5,81	8 608
22	77	32	21,91	6,09	8 215
23	80,5	34	22,88	6,36	7 853

Tableau 02

5- Matériel

Nous disposons du matériel suivant pour les besoins de notre étude :

* pour mesurer la taille debout, une toise de type médicale et de marque SECA graduée en centimètres. Cette toise est d'une précision de 0,5 millimètre.

* pour mesurer le poids, une balance de type médicale et de marque SECA d'une précision de plus ou moins 100 grammes.

* pour le test de la puissance aérobie maximale, fonctionnelle, un magnétophone de marque SHARP et un chronomètre de marque CASIO.

La bande magnétique contenant le déroulement de l'épreuve, une piste de 400 mètres bornée tous les 50 mètres et un tableau standard de prédiction du VO2 Max.

* Un spiromètre et des accessoires.

Méthode

- Spirographie

L'appareil ventilatoire joue un rôle essentiel dans l'organisme en assurant les échanges gazeux avec le milieu extérieur. La dimension de la cage thoracique et sa mobilisation, les dimensions des éléments pulmonaires et leur utilisation conditionnent les possibilités de prélèvement de l'oxygène atmosphérique et l'élimination de gaz carbonique. Il nous semble donc très important d'évaluer les volumes et les débits ventilatoires chez les athlètes.

- Capacité vitale : c'est le plus grand volume d'air mobilisé au cours d'une expiration maximale précédée d'une inspiration maximale. Elle définit l'expansion thoracique maximale.

- Volume résiduel : après une expiration forcée maximale, une certaine quantité de gaz reste prisonnière dans les espaces aériens des poumons : c'est le volume résiduel.

L'addition du volume résiduel et du volume de réserve inspiratoire est appelée capacité résiduelle fonctionnelle. La capacité totale est l'addition de la capacité vitale et du volume résiduel.

- Débits Maximum : ce sont des épreuves dynamiques, renseignant sur les possibilités d'utiliser des volumes pulmonaires introduisant la notion de temps et de vitesse.

- Le volume expiré au maximum en une seconde (VEMS) : c'est le plus grand volume d'air mobilisé au cours de la première seconde après une inspiration profonde.

* Table : VO2 Max, Valeurs théoriques

Spécialité	VO2 Ma (ml.mn kg)
Sprint	53
800-1 500 m	71,8
3 000 - 5 000 m	75,9
Marathon	81,3

Tableau 03

Procédé statistique

L'utilisation des différents paramètres nous autorise à employer les formules ci-dessous après les avoir définies.

Calcul de la moyenne

La moyenne arithmétique est la meilleure des caractéristiques de *position*. Elle est commodément utilisable pour des développements statistiques (WALDER MASIERI - 1992).

La formule utilisée est : $m = \sum x_i n_i / \sum n_i$

Calcul de la variance et de l'écart type

La variance est la moyenne arithmétique des carrés des écarts des valeurs de la variable à leur moyenne arithmétique. On la désigne par :

δ^2 ou par $V(x)$

La formule utilisée est : $V(x) = \sum (x_i - m)^2 \cdot n_i / \sum n_i$

L'écart-type, désigné par δ est la racine carrée positive de la variance.

La formule utilisée est : $\delta = \sqrt{V(x)}$

(BAUMGARTNER, T.A 1975)

Calcul de la corrélation

La corrélation est une mesure de validité et de fidélité (LAFORGE - 1979). Comme son nom l'indique, la corrélation est un coefficient de relation. Elle indique si les mesures sur deux tests, par exemple, se distribuent sensiblement dans le même ordre pour chaque sujet.

(GODBOUT P. & SCHULTZ - 1983). Ainsi un coefficient de 0 indique qu'il n'y a aucune relation, un coefficient de +1 indique une relation parfaite et un coefficient de -1 indique une relation inverse parfaite. Une étude de corrélation sérieuse exige au moins une trentaine de couples de valeurs.

(DAYHAW L.T. -1966)

Désignation des variables

$$X_i = x - \bar{x} / \delta x$$

$$Y_i = y - \bar{y} / \delta y$$

\bar{x} désigne la moyenne arithmétique des N valeurs de x; $\bar{x} = \sum x_i / N$

\bar{y} désigne la moyenne arithmétique des N valeurs de y; $\bar{y} = \sum y_i / N$

δx désigne l'écart-type des N valeurs de x; $\delta x^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / N$

δy désigne l'écart-type des N valeurs de y; $\delta y^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2 / N$

D'où écart-type de X = $\sqrt{1} = 1$

De même écart-type de Y = $\sqrt{1} = 1$

Nous définissons le coefficient de corrélation r , entre les deux variables x et y par la formule:

$$r = \sum (X_i Y_i) / N$$

Pour intéressant qu'il soit, cette démarche statistique et scientifique exige beaucoup de temps et peut receler de nombreuses erreurs. Ceci du point de vue d'une application manuelle, vu le nombre important de nos sujets.

**PRESENTATION DES RESULTATS
ET ANALYSE**

PRESENTATION DES RESULTATS

GRANDEURS PHYSIOLOGIQUES

N°	Age	Poids (kg)	Taille (cm)	PA repos	PA effort	FC repos	FC effort	FC 5 mn après	VO2Max (ml. mn. kg)
1	22	71	179	11/7	15/8	76	196	132	49.4
2	27	81.5	181	11/7	16/8.5	60	190	118	56.1
3	22	64	171	10/6	12/8	72	196	156	43.1
4	25	66	171	12/7	15/7	60	196	140	56.1
5	20	67.5	178	11/7	16/8	80	200	130	56.1
6	21	67	171	12/8	13/8	76	193	130	56.1
7	29	50	162	10/6	14/7	80	181	130	49.4
8	30	52	164	9/6	13/7	68	190	148	56.1
9	21	65	175	10/6	14/8	76	210	153	62.7
10	25	71	177	11/7	15/7	60	203	135	62.7
11	27	78	173	11/6	12/8	60	180	130	62.7
12	25	68	175	10/7	12/8	72	184	130	62.7
13	30	72	183	11/7	14/7	57	180	110	62.7
14	23	66	180	11/7	13/8	64	206	149	75.8
15	26	60	176	11/7	13/8	64	200	134	75.8
16	26	42	168	11/7	14/10	52	200	135	80
17	25	77.5	190	10/7	11/7	72	193	144	56.1
18	23	73	179	10/7	12/7	64	196	136	56.1

Paramètres ventilatoires

N°	CV FORCE				VEMS				VEMS / CV		
	Mesure (l)	Théo (l)	%		Mesure	Théo	%		Mesure	Théo	%
1	3,50	5,31	66		3,37	4,48	75		96%	82,7 %	116 %
2	3,64	5,38	68		3,21	4,51	71		88,2 %	82,4 %	107 %
3	3,31	4,03	82		2,81	3,53	82		87,9 %	84,3 %	104 %
4	2,85	4,03	71		2,65	3,53	75		93 %	84,3 %	110 %
5	3,53	4,34	81		3,27	3,81	86		92,6 %	84,3 %	110 %
6	3,40	4,84	70		3,25	4,13	79		95,6 %	82,7 %	116 %
7	2,78	3,53	79		2,70	3,08	88		97,1 %	83,5 %	116 %
8	2,78	3,59	77		2,36	3,13	75		84,9 %	83,3 %	102 %
9	3,90	4,21	93		3,80	3,69	103		87,4 %	84,3 %	116 %
10	3,37	5,20	65		2,94	4,39	67		87,2 %	82,7 %	105 %
11	3,83	4,91	78		3,82	4,16	92		99,7 %	82,4 %	121 %
12	4,01	5,8	79		2,68	4,31	62		66,8 %	82,7 %	81 %
13	4,34	5,46	80		3,74	4,50	83		86,2 %	81,8 %	105 %
14	3,71	5,37	69		3,51	4,53	78		94,6 %	82,7 %	114 %
15	3,48	5,23	67		3,12	4,41	71		89,7 %	82,6 %	109 %
16	3,13	4,64	68		2,62	3,97	66		83,7 %	82,6 %	101 %
17	3,84	5,84	65		3,36	4,95	68		87,5 %	82,7 %	106 %
18	3,33	5,23	63		3,22	4,44	73		96,7 %	82,7 %	47 %
Moyenne : X	3,72	4,83	73,38 %		3,13	4,08	77,44		89,71 %	83,03	104,77 %

TABLEAU COMPARATIF ENTRE VO2 Max Théorique et VO2 Max Mesuré

	Spécificité	VO2 Max Théorique ml.mn.kg	VO2 Max mesuré ml.mn.kg	Δ %
1	Sprint	53	49,4	7,28
2	demi-Fond	71,8	56,1	27
3	Sprint	53	43,1	22
4	demi-Fond	71,8	56,1	27
5	demi-Fond	71,8	56,1	27
6	demi-Fond	71,8	56,1	27
7	Sprint	53	49,5	7,28
8	demi-Fond	71,8	56,1	27
9	demi-Fond	71,8	62,7	14
10	demi-Fond	71,8	62,7	14
11	demi-Fond	71,8	62,7	14
12	demi-Fond	71,8	62,7	14
13	demi-Fond	71,8	62,7	14
14	fond	75,9	75,8	1
15	fond	75,9	75,8	1
16	fond	75,9	80	0,5
17	demi-Fond	71,8	56,1	27
18	demi-Fond	71,8	56,1	27

Valeurs Théoriques de VO2 Max requis pour les spécialités

Tableau 06

SPECIALITES	VO2 Max (ml mn.kg)
Fond	80 et plus
Demi-Fond	70 - 75
Sprint long	60 - 65
Sprint court	50

Corrélation entre CV et VO2 Max

	CV Forcée (Xi)	Vo2 Max (Yi)
1	4,4	49,4
2	4,51	56,1
3	3,67	43,1
4	3,44	56,1
5	3,93	56,1
6	4,12	56,1
7	3,15	49,4
8	3,18	56,1
9	4,05	62,7
10	4,28	62,7
11	4,37	62,7
12	4,90	62,7
13	4,9	62,7
14	4,54	75,8
15	4,37	75,8
16	3,88	80
17	4,84	56,1
18	4,29	56,1

$$X = \frac{\sum xi}{N}$$

$$X = 4,15$$

$$\delta x = \sqrt{\sum (xi - x)^2 / N}$$

$$\delta x = 0,52$$

$$\delta y = \sqrt{\sum (yi - y)^2 / N}$$

$$\delta y = 9,28$$

$$Y = \frac{\sum yi}{N}$$

$$Y = 59,98$$

$$r = \frac{\sum (xi - x) (yi - y)}{N \delta x \delta y}$$

$$r = \frac{0,84 \times 0,06}{18 \times 0,52 \times 9,28}$$

$$r = 0,00058$$

Corrélation entre VEMS et VEMS/CV

	VEMS (Xi)	VEMS /CV (Yi)
1	3,92	0,89
2	3,86	0,85
3	3,17	0,86
4	3,09	0,88
5	3,54	0,88
6	3,69	0,88
7	2,89	0,90
8	2,74	0,83
9	3,74	0,85
10	3,66	0,84
11	3,99	0,90
12	3,49	0,74
13	4,12	0,83
14	4,02	0,88
15	3,76	0,85
16	3,29	0,82
17	4,15	0,84
18	5,44	0,89
$\sum xi$ X = ----- N X = 3,69	$\sum yi$ Y = ----- N Y = 0,85	$\sum (xi - x)$ = 1,26 $\sum (yi - y)$ = 0,11

$$\delta x = \sqrt{\sum (xi - x)^2 / N}$$

$$r = \frac{\sum (xi - x) (yi - y)}{N \delta x \delta y}$$

$$\delta x = 0,58$$

$$\delta y = \sqrt{\sum (yi - y)^2 / N}$$

$$r = \frac{1,26 \times 0,11}{18 \times 0,58 \times 0,03}$$

$$\delta y = 0,03$$

$$r = 0,044$$

Corrélation entre VO2 Max et Taille

VO2 Max (Xi)	Taille (Yi)
49,4	179
56,1	181
43,1	171
56,1	171
56,1	178
56,1	171
49,4	162
56,1	164
62,7	175
62,7	177
62,7	173
62,7	175
62,7	183
75,8	180
75,8	176
80	168
56,1	190
56,1	179

$$X = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$X = 59,98$$

$$Y = \frac{\sum y_i}{N}$$

$$Y = 175,16$$

$$\sum (x_i - x)$$

$$= 7,09$$

$$\sum (y_i - y)$$

$$= - 10,58$$

$$\delta X_i = \sqrt{\sum (x_i - x)^2 / N}$$

$$\delta X_i = 1,67$$

$$\delta Y_i = \sqrt{\sum (y_i - y)^2 / N}$$

$$\delta Y_i = 2,49$$

$$r = \frac{\sum (x_i - x) (y_i - y)}{N \delta X_i \delta Y_i}$$

$$r = - 1,002$$

Corrélation entre Δ % et VEMS

Δ % (X)	VEMS (Y)
7,28	3,92
27	3,86
22	3,17
27	3,09
27	3,54
27	3,69
7,28	2,89
27	2,74
14	3,74
14	3,66
14	3,99
14	3,49
14	4,12
1	4,02
1	3,76
0,5	3,29
27	4,15
27	5,44

$X = 16,55$

$Y = 3,69$

$\sum (x_i - x)$

$\sum (y_i - y)$

$= - 13,79$

$= 1,26$

$\delta X_i = \sqrt{\sum (x_i - x)^2 / N}$

$$r = \frac{\sum (x_i - x) (y_i - y)}{N \delta X_i \delta Y_i}$$

$\delta X_i = 0$

$\delta Y_i = \sqrt{\sum (y_i - y)^2 / N}$

$r = - 3,26$

$\delta Y_i = 0,296$

Corrélation entre Δ % et VO2 Max mesuré

Δ % (X)	VO2 Max (Y)
7,28	49,4
27	56,1
22	43,1
27	56,1
27	56,1
27	56,1
27	56,1
7,28	49,4
27	56,1
14	62,7
14	62,7
14	62,7
14	62,7
14	62,7
1	75,8
1	75,8
0,5	80
27	56,1
27	56,1

$X = 16,55$

$Y = 59,98$

$\sum (x_i - x)$

$\sum (y_i - y)$

$= - 13,79$

$= 7,09$

$\delta X_i = \sqrt{\sum (x_i - x)^2 / N}$

$$r = \frac{\sum (x_i - x) (y_i - y)}{N \delta X_i \delta Y_i}$$

$\delta X_i = 0$

$\delta Y_i = \sqrt{\sum (y_i - y)^2 / N}$

$r = - 3,18$

$\delta Y_i = 1,67$

Correlation entre Δ % et CV

Δ % (X)	CV (Y)
7,28	4,4
27	4,51
22	3,67
27	3,44
27	3,93
27	4,12
7,28	3,15
27	3,18
14	4,05
14	4,28
14	4,37
14	4,90
14	4,9
1	4,54
1	4,37
0,5	3,88
27	4,84
27	4,29

$X = 16,55$

$Y = 4,15$

$\sum (x_i - x)$

$\sum (y_i - y)$

$= - 13,79$

$= 0,84$

$\delta X_i = \sqrt{\sum (x_i - x)^2 / N}$

$$r = \frac{\sum (x_i - x) (y_i - y)}{N \delta X_i \delta Y_i}$$

$\delta X_i = 0$

$\delta Y_i = \sqrt{\sum (y_i - y)^2 / N}$

$r = - 3,26$

$\delta Y_i = 0,197$

Présentation des Coefficients de corrélation

Variables	VEMS	VEMS/CV	FC Repos	FC Effort	FC 5mn après	VO2 Max	PA Repos	PA Effort	CV Forcée	Taille	Δ %
VEMS		Significatif 0.44									
VEMS/CV											
FC Repos				Non.Signifi- catif							
FC Effort					Non.Signifi- catif 0.005						
FC 5mn après						0,0867 Non Significatif					
VO2 Max										-1.002	-3.18
PA Repos											
PA Effort								0 Non .Significatif			
CV Force						0.00058 Non Significatif					
Taille				0,06 Non. Significatif		-1.002 Non. Signifi-catif					
Δ %	-3,26									Non.Signifi- catif	
* N.S = Non significatif											

Tableau 04

Analyse

Le Tableau 01 rassemble les valeurs biométriques. La taille est légèrement supérieure à la moyenne des valeurs habituelles rapportées pour la population sénégalaise, soit 175,16 cm plus ou moins pour FALL et PIRNAY 1988; cependant la différence entre ces deux groupes n'est pas significative.

Habituellement, l'appréciation de la taille et des principales mesures corporelles est un critère de détection et d'orientation sportive des talents.

La taille des athlètes est généralement d'une moyenne de 170 à 185 cm. Celle de nos sujets s'inscrit dans cette tranche. Les sprinters en général ont une taille de 170 à 175 cm, avec une tendance vers le mésomorphisme FALL et PIRNAY 1988 et COLL 19 90, CARTER 1982.

Les coureurs de demi-fond atteignent souvent une taille de 177 cm, cependant la différence staturale entre les sprinters et ces derniers n'est pas statistiquement significative, cette différence réside en revanche au niveau de la morphotypologie; contrairement aux premiers les coureurs de demi-fond tirent vers l'ectomorphisme avec la composante mésomorphique qui reste quand même présente. En revanche aussi, chez les coureurs de fond, il y a en général une très grande dispersion des valeurs staturales, la taille dépasse cependant rarement 180 cm. Nous pensons que le critère physique le plus déterminant est la morphologie : chez ceux-ci la composante ectomorphique selon CARTER 1982.

Presque, tous nos sujets ont des valeurs staturales généralement admises par la littérature. Nous avons néanmoins un pic de 190 cm pour un coureur de demi-fond qui, à notre avis est mal orienté. Nous pensons qu'il pourrait s'essayer dans d'autres disciplines.

La taille est mal corrélée avec les paramètres physiologiques ciblés dans le cadre de cette expérimentation : le VO₂ Max ou la fréquence cardiaque (tableau 4). Mais en général, elle est significativement bien corrélée avec la capacité vitale; d'ailleurs, beaucoup de travaux en témoignent. FALL et PIRNAY 1988, ASTRAND 1980 et 1956, KARPOVITCH et SINNING 1983, LACOUR et FLANDROIS 1977, PERRONET et NADEAU 1971.

On aurait suggéré de considérer la taille dans ses dimensions analytiques si notre échantillon comportait des sauteurs ou des coureurs de haies. Concernant ce paramètre biométrique, nous proposons d'en tenir compte dans la limite des intervalles définis par les auteurs chez les coureurs.

A propos des volumes et débits spirométriques, les résultats sont inférieurs aux volumes théoriques de la CECA (PETIT et TROQUET 1970)

La capacité vitale est la dimension la plus faible, car prise en moyenne, elle atteint seulement 73 % de la valeur théorique.

Il est possible que la compréhension et l'exécution des manoeuvres soit moins parfaite chez certains car nous avons noté des valeurs assez élevées chez quatre sujets : 81 % , 82 % , 93 % , et 80 % de la valeur théorique.

Il résulterait donc de cette incompréhension des manoeuvres une légère erreur par défaut. La mobilisation des valeurs pulmonaires est tout à fait normale

La réduction du VEMS est expliquée par une faible capacité vitale. En effet, le rapport de ces deux mesures ou coefficient de TIFFENEAU est élevé.

Nos résultats sont comparables à ceux rapportés dans la littérature (DAMON 1966).

Par ailleurs, la corrélation entre la capacité vitale et le critère d'endurance le plus utilisé; le VO2 Max n'est pas évidente : les auteurs divergent à ce niveau. En ce qui nous concerne, cette corrélation n'est pas statistiquement significative (tableau 4,).

Néanmoins, il nous semble important de déterminer cette valeur chez des coureurs de demi-fond et de fond aussi bien pour la détection que pour l'orientation. Nous tenons à préciser quand même que les calculs corrélatifs ont été effectués avec des valeurs absolues mesurées. Le Δ % mesure la différence entre les volumes mesurés, les débits et capacités pulmonaires (CV et VEMS) et les valeurs théoriques.

Nous rappelons que dans le cadre de cette étude, les valeurs pulmonaires mesurées chez nos sujets restent très inférieures aux valeurs théoriques; cependant, la corrélation entre le coefficient de TIFFENEAU et le VEMS est significative à $P > .05$.

Endurance

Le tableau rassemble la moyenne et la dispersion des résultats mesurés lors du test de LEGER et BOUCHER. Le VO2 Max atteint en moyenne 59,98 ml.kg.mn. Cette moyenne comporte la valeur individuelle de certains coureurs de demi-fond et de fond. Une valeur de 80 ml .kg.mn a été notée, et cette valeur est la seule d'ailleurs qui va dans le sens des valeurs habituellement admises par la littérature quand à l'orientation. Tous les autres résultats sont nettement inférieurs aux valeurs théoriques. La valeur des paramètres en fin d'expérience et leur évolution en fonction de l'intensité des exercices démontrent que le maximum individuel est bien atteint . En effet, la fréquence cardiaque atteint en moyenne 194,11 pulsations / mn avec une faible dispersion.

Le VO2 Max

Dans l'ensemble, nous avons observé des valeurs faibles. En effet, il se dégage des écarts assez considérables entre les valeurs théoriques et celles qui ont été mesurées chez nos sujets (tableau 5)

Résumé et conclusion

Le but de notre travail est de prendre en compte certaines valeurs physiologiques et spirométriques dans l'orientation et la détection des coureurs..

A cet effet, nous avons soumis un groupe de 18 sujets à des tests, tous des athlètes d'un assez bon niveau.

Entre autres déterminants, nous avons le VO₂ Max qui est le débit maximum d'oxygène en ml.kg.mn de poids d'un sujet à l'effort physique.

C'est l'épreuve maximale de course progressive LEGER et BOUCHER ainsi que son tableau standard qui nous ont permis de déterminer le VO₂ Max de chaque sujet.

Nous avons aussi mesuré le poids et la taille; cette opération a été relativement simple grâce à l'utilisation d'une balance et d'une toise de type médical.

Plus délicat a été la mesure des paramètres ventilatoires et débits pulmonaires. Ces mesures ont nécessité un matériel rare et difficile de manipulation, une technique de haute maîtrise et une expérience solide.

Ces différents résultats sont soumis à une exploitation, c'est ainsi que nous avons procédé à une interprétation et une comparaison de ces résultats avec certaines valeurs théoriques, en nous appuyant sur plusieurs auteurs, particulièrement des physiologistes des activités physiques et sportives.

Nous pouvons avancer sans avoir pu le démontrer que même si le coefficient de corrélation entre certaines valeurs n'est pas numériquement significatif, il n'en demeure pas moins déterminant sur le plan de l'orientation.

Pour conclure, nous espérons que notre étude viendra modestement enrichir la dimension scientifique des activités physiques et sportives.

Nous suggérons par ailleurs de revoir le mode d'orientation des coureurs. Il reste évident que les tests de terrain ont leur importance, mais dans le souci de mieux affiner la recherche pour une meilleure politique de détection et d'orientation, nous pensons que les tests de laboratoire doivent être pris en compte.

ANNEXES

Références bibliographiques

- 1- ASTRAND P.O - RODHAL K. : Précis de physiologie de l'exercice musculaire. 2e édition, MASSON, 1980
- 2- ASTRAND P.O : Human physical fitness with special référence to sex and age *physiol Rev.* 36 : 307 1956
- 3- ASTRAND P.O, RHYMING I, EVANS W., FINKW, KRAMEN BUHL G., SALTIN B : Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes *J. appl. physiol.*
- 4- BALESTRO W. ALIZE A. Le départ en sprint, revue EPS N° 19 - 1979
- 5- BLANCHI J.P, PIERRE M., TROUILLON P., VAUSSENAT R - Byodynamique de la course, rôle du membre oscillant, revue staps N° 6, 1982
- 6- DANON G. - CARLES J. - MARTY N. - KOUNANDY F. C. études de quelques paramètres biologiques des étudiants en médecine de la faculté d'Abidjan *Ann. Univ. Abidjan Med.*
- 7- COURTAY R. Dynamique de l'impulsion athlétique *Revue STAPS N° 2 Octobre 1980*
- 8- DI PRAMPERO P.E. : énergétique de l'exercice musculaire. *J. Physiol. PARIS 65 : 51 - 86, 1972*
- 9- FLANDROIS R. PUCCINELLI R., HOUDAS Y., LE FRANCOIS R. : comparaison des consommations d'oxygène maximum mesurées et théoriques d'une population française *J. Physiol PARIS 54 : 337 - 338 - 1962*
- 10- GALIEN C. L inné et acquis revue éducation physique et sport N° 157 Mai /Juin 1979
- 11- GARDIEN A., HOUVION M., PROST R, THOMAS R - L'ATHLETISME PUF « que sais je » PARIS 1982
- 12- GOLLNICK L. AMSTRONG R. SALIBERTO. PIEHL K. SALTIN B. : enzym activity and fiber composition in sbeletal muscle of untrained and trained men. *J. Appl physiol 33 : 312 - 319, 197*
- 13- GOROSTIAGA E., FERRET J. M, ECLACHE, entrainement fractionné - revue cinesiologie 1984
- 14- GUEZILE G - Le mouvement, fonctionnement et renforcement - Revue cinesiologie - 1984

- 15- HECK H. MADER A. HESS G. MUCKE S. MULLER R. and HOLLMAN W. : Justification of the 4 mol/l lactate threshold int j. sport.
- 16- KARPOVITCH P. SINNING W. E : physiologie de l'activité physique musculaire - 7ème édition vogot PARIS 1983
- 17- LACOUR J. R., FLANDROIS R. Rôle du métabolisme aérobie dans l'exercice intense de longue durée. Journal de physiologie. TOME 73 N° 2 1977
- 18- L'Entraîneur - AEFA Revue speciale 3e trimestre 1980
- 19- MARGARIA R. CERETELLI P. AGHEMO P. SASSI G energy cost of running. J. Appl. physiol 18 : 367 - 370, 1983
- 20- MORAND et COLL interpretation des variations de la fréquence cardiaque au cours d'une épreuve d'effort maximum chez le sportif de compétition. Revue Medecine du sport N° 1 Janvier 78.
- 21- NIEF - Travail Aerobie, revue EPS N° 150 - 1978
- 22- PERRONET F. NADEAU : Physiologie appliquée de l'activité physique ed VIGOT, PARIS 1980
- 23- D. PIRNAY F. DEROANNE A. PETIT J. M. BOTTIN R. DUJARDIN D. : Signification de la consommation d'oxygène correspondant à la fréquence cardiaque 170 bat/min-1 . Int.Z angew.physiol.29 : 1-10, 1970.
- 24- D. RIRNAY F. DEROANNE : Contrôle de l'entraînement par l'érgospirométrie. Sport 57 : 14 - 18, 1971
- 25- PIRNAY F. PETIT J. M. BOTTIN R. DEROANNE R. JUMCHES J. BELGE G. : Comparaison des deux méthodes de mesure de la consommation maximale d'oxygène. 1966
- 26- FALL A. PIRNEY F. : Thèse ; les qualités physiques chez l'homme jeune de race mélano africaine - Univ de Liège 1988
- 27- POLLACK M.L and al : prédiction of body density in young and middle Aged women. J Appl. physiol. 38, 745 - 749, 1975
- 28- Revue sport et vie Hors série N° 8 page 12
- 29- DAYHAW L.T Manuel de statistiques : ed, presses Univ d'OTTAWA - OTTAWA. 1966

- 30- RICHARD COURTAY - Entraînement et performance athlétique - Collection sport et connaissance édition Amphora. 1986.
- 31- HARICHAW P. et MEDELLI J : VO2 Max et performance Ed. presses Nouvelles, Imp. LABALLERY 1992
- 32- WALDER M : Statistiques et Calcul des probabilités 6 ed., SIREY, PARIS 1992.
- 33- ZATSIORSKY V.M. les qualités physiques du sportif - Culture physique et sport - Moscou 1966
- 34- FOX et MATHIEWS : Bases physiologiques de l'activité physique. MONTREAL - Decarie, PARI VIGOT, 1984
- 35- BOHAIN L.H : Initiation à la course du 100 m au 100 km - Edition VIGOT 1985
- 36- CARETTE J : Le 400 m - Une épreuve vécue, Revue cinésiologie
- 38- REIYLLY T. SECHER N. SNELL P. WILLIAMS C. Physiology of Sports E and F.N SPON. 1970
- 39- CARTER (J.E.L) : The heath - Carter somatotype method. San DIEGO State University press. 1980
- 40- CARTER (J) : Physical structure of olympic athletes Medecine du sport N° 16 KARGER BASEL (1982)
- 41- PETIT et TROQUET : Examen de physiologie critique respiratoire en pratique quotidienne ACTA TUBERC pneumol bel 58 277 412 (1967)