

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Un Peuple - un But - une Foi



UNIVERSITE CHEIKH
ANTA DIOP DE DAKAR

INSEPS

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR
DE L'EDUCATION POPULAIRE
ET DU SPORT

MEMOIRE DE MAITRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES

DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DU SPORT

S.T.A.P.S

THEME :

**UN ASPECT TACTIQUE DE LA COURSE DU 400M :
LA REPARTITION DE L'EFFORT**

Présenté et soutenu par
M. Papa Sérigne DIENE

Directeur : M. Djibril SECK
Docteur en biomécanique et Physiologie
de la performance motrice

Co-Directeur : Docteur Herve STEPHAN
C.P.S.I Athlétisme
Directeur technique du Centre International d'Athlétisme de Dakar (C.I.A.D)

Année universitaire 2000-2001

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Un Peuple - un But - une Foi



UNIVERSITE CHEIKH
ANTA DIOP DE DAKAR

INSEPS

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR
DE L'EDUCATION POPULAIRE
ET DU SPORT

MEMOIRE DE MAITRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES

DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DU SPORT

S.T.A.P.S

THEME :

**UN ASPECT TACTIQUE DE LA COURSE DU 400M :
LA REPARTITION DE L'EFFORT**

Présenté et soutenu par
M. Papa Sérigne DIENE

Directeur : M. Djibril SECK

Directeur technique du Centre International d'Athlétisme de Dakar (C.I.A.D)

Co-Directeur : Docteur Herve STEPHAN
C.P.S.I Athlétisme

Directeur technique du Centre International d'Athlétisme de Dakar (C.I.A.D)



Année universitaire 2000-2001

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

- Mon père feu Abdoulaye DIENE tout en sachant qu'une dédicace ne peut être à la hauteur de l'amour, de la tendresse et du savoir-vivre que vous m'avez inculqué ;
- Ma mère Mbène NDIAYE pour n'avoir ménagé aucun effort pour ma réussite. Je vous souhaite longévité et santé de fer ;
- Mes parents : Ibra DIENE, feu Cheikh FAYE, Mamadou NDIAYE, Youssou DIENE, Diouma NDIAYE, Ami NDIAYE, Coumba NDIAYE, Sokhna Maï NDIAYE;
- Mes frères et sœurs ;
- Mes amis : Dame FALL, Aline B. DIAGNE, Abdou DIASSE, Malang SANE, Amath SARR, Talla NIASS, Aziz NIANG, Cheikh NIANG, Adama FALL, Ibrahima NDIAYE, Pape D. NDIAYE, Ousmane SANE BADJI, Hamidou BADJI ;
- Seydou Demba DIOP, Fara FALL, Aminata GUISSÉ, Birahim TABANE, Djibril DIOP ;
- Tous les étudiants de l'INSEPS ;
- Toute la famille CISSE, Assane, Penda, Oumy, Ndeye J. ;
- Tous les athlètes du Sénégal ;
- A mon neveu Pape Abdoulaye FAYE ;
- A tous mes amis, copains et copines.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements à :

- Allah le tout Puissant, le miséricordieux ;
- Monsieur Djibril SECK, professeur à l'INSEPS, directeur du C.R.D.A.P pour avoir accepté d'encadrer ce travail de recherche malgré votre emploi du temps très chargé ;
- Monsieur Hervé STEPHAN, entraîneur au Centre International d'Athlétisme de Dakar pour votre remarquable encadrement et vos conseils tant sur le plan théorique que pratique ;
- Monsieur Mamadou DIALLO, pour m'avoir entraîné en tant qu'athlète mais aussi participé pleinement à ma formation ;
- Tous les professeurs de l'INSEPS ;
- Monsieur Emmanuel BITANGA, entraîneur au C.I.A.D. pour votre assistance ;
- Monsieur Mamadou NDIAYE pour vos contributions ;
- Tout le personnel de l'INSEPS : Mary, Anta, Coura, Mbargou, Reymond, Ousmane, Ass, Anasthasie, Gregoire ;
- la FSA particulièrement Abdoulaye DIOP, Jean GOMIS, Aloys NDIAYE, Amadou DIAW ;
- La ligue de Dakar particulièrement à Defaye NIANG et Seynabou ;
- Tous les athlètes qui ont participé à l'expérimentation ;
- Serge PIAN, Lamine NDAO, Emmanuel TAMARIZ, Mbaye CISSE, Ousmane DABO, Moustapha TRIORE et Pape Demba SYLLA ;
- Mariétou BADJI pour la confection de ce document.

PLAN

	Pages
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LITTERATURE.....	2
I - Présentation de la course du 400m.....	3
I-1- Aperçu historique.....	3
I-2- Palmarès.....	4
I-3- Evolution du 400m.....	4
II- Facteurs influant sur la course de 400m.....	6
II-1- Facteurs externes.....	6
II-1-1- Facteurs physiques.....	6
II-1-2- Matériel et environnement.....	6
II-2- Facteurs internes.....	7
II-2-1- Facteurs psychologiques.....	7
II-2-2- Facteurs physiologiques.....	7
A- L'échauffement.....	7
B- Les Qualités bioénergétiques	8
C- Les caractéristiques musculaires	10
III - La Bioénergétique de la course de 400 m.....	11
III-1 Processus énergétique de la course.....	11
III-2 Contribution des processus énergétiques dans la course de 400m.....	12
III-2-1 Participation du processus aérobie.....	12
III-2-2 Participation du processus anaérobie.....	12
A) Le métabolisme anaérobie alactique.....	13
B) Le métabolisme anaérobie lactique	13
III-3 L'acide lactique dans l'organisme.....	13

CHAPITRE II : METHODE ET MATERIEL.....	16
I- Population	17
II- Matériel.....	17
III- Lieu d'étude et donnés climatiques	17
IV- Protocole.....	17
V- Précautions.....	18
CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS.....	19
CHAPITRE IV : INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS	25
CHAPITRE V : CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	30
I- Conclusion.....	31
II- Perspectives.....	32
Bibliographie.....	33
Annexes ..	37
Annexe 1- Présentation des tableaux.....	38
Annexe 2- L'entraînement (développement des potentiels physiques)...	43
I- Les paramètres de l'entraînement	43
II- Le développement du système anaérobie lactique	46
III- Le développement de la force.....	51
IV- Le développement du système anaérobie lactique.....	53
V- Le développement du système anaérobie.....	57
VI- La programmation annuelle de l'entraînement.....	60

INTRODUCTION

La course de 400 m, l'une des vieilles disciplines de l'athlétisme, était à l'origine considérée comme une course de demi-fond et s'effectuait à un rythme relativement lent. Elle est actuellement devenue une véritable course de vitesse. Elle nous a valu beaucoup de satisfactions tant au niveau continental que mondial

Certains facteurs physiologiques ne permettent pas de solliciter sa vitesse maximale du départ jusqu'à l'arrivée du 400 m. Car la fatigue croissante qui envahit l'athlète pendant la course entraîne une baisse de vitesse de course.

Même si l'athlète parvient à développer efficacement ses qualités d'endurance anaérobie alactique et lactique, il se heurte généralement à un problème tactique dans cette course qui est celui de la répartition de l'effort.

Ceci revient à se poser la question de savoir quelle est la vitesse optimale à emprunter dans une course de 400 m.

Quelle stratégie doit développer l'athlète dans une course de 400 m pour aller vite le plus longtemps possible voire jusqu'à l'arrivée ?

Notre étude aura pour but d'étudier la relation qui pourrait exister entre la première moitié de la course, la seconde, l'ensemble de la distance et le 200m seul de compétition .

CHAPITRE I : REVUE DE LITTERATURE

I- PRESENTATION DE LA COURSE DU 400 M

I-1 Aperçu historique

Dérivé du grec athlos qui veut dire combat, l'athlétisme reste le plus naturel des sports. Un geste naturel de lutte livrée par l'homme pour sa survie. Il est pratiqué sur le monde entier et serait plus universel que certains grands sports tel que le football.

L'athlétisme de compétition aurait ses origines moins lointaines. Il fut codifié et devient un sport de compétition en Grèce et en Irlande. Seuls les lancers et les sauts constituaient les programmes des compétitions. Les performances chronométrées n'existant pas, la course à pieds n'était pas prisee.

L'apparition à la fin du XVIII^e siècle de la mesure chronométrique et métrique et la notion de record ont conduit l'athlétisme à s'imposer comme véritable discipline sportive. En 1866, l'athlétisme moderne naquit en Angleterre. Premier sport olympique de l'ère moderne, il est fait de divers éléments : la course, le lancer et le saut.

La course à elle seule présente une mosaïque de spécialités : le sprint court, le sprint long, le demi-fond, le fond, la course d'obstacles...

Le 400 m, le sprint long inspiré du double stade des Grecs, se situe, selon Gaston MEYER (1962), au carrefour de la vitesse pure et du train.

La première performance de la course de 400 m chronométrée, a été réalisée par le capitaine Barclay Allardice en 1799 sur un hippodrome de 440 yards (402,17m) en 56 secondes. Thomas Burke, un américain, aura le privilège d'être sacré le premier champion, des jeux olympiques modernes de la distance. En 1896 à Athènes il couru le 400 m en 54"1/5. Au fil des temps, les règlements ont subi des rénovations. Longtemps couru avec un seul virage et sans couloirs, le 400 m était moins une course de vitesse qu'une course d'endurance. Mais, peu à peu l'unique tour de piste sera bouclé de plus en plus vite et descendra dans l'arène des courses de vitesse en gardant une spécificité d'endurance anaérobie alactique. En même temps les tendances de rythme de course vont changer.

En 1968 aux jeux olympiques de Mexico les traditionnelles pistes en cendrée seront remplacées sur le stade olympique par une piste synthétique. Les conditions atmosphériques et de la piste furent excellentes. Une performance mondiale de 43"6 égalant tous les records réalisés jusqu'à ce jour de la distance en 43"6. Cependant Harry Butch Reynolds pour son nom assez révélateur va donner une autre image du coureur de 400 m en pulvérisant le record lors des championnats du monde de Zurich avec une performance de 43"29.

Ce record considéré pendant longtemps comme "intouchable" sera battu lors des championnats du monde de Seville par Michael Johnson en 43"18.

Les femmes ne s'intéresseront à la course de 400 m que progressivement. Ce n'est qu'en 1960, aux jeux olympiques de Tokyo que la course de 400m sera officiellement reconnue aux femmes. Mais, bien avant certaines femmes s'aventuraient déjà sur la distance. En 1914 par exemple à Stockholm, Birit Hjulhammar a réalisé 72"1/2. En 1957, la Soviétique Maria Itkina réussira 55"6 sur la distance avant de faire encore mieux en 1959 en réalisant 53"4. L'absence de la grande favorite Sim Kim Dan, 51"2 records personnel, a permis à l'Australienne Betty Cuthbert d'être sacrée la première championne olympique du 400 m en 1960 à Tokyo. Aujourd'hui le record féminin est la propriété de l'Allemande Maria Koch. Elle a couru la distance en 47"60 en 1985 à Canberra

Au Sénégal on retient que Amadou Gakou en 1968 avait réalisé l'excellent chrono de 45"01 qui constitue jusqu'à présent le record national et qui lui avait permis d'occuper la quatrième place en finale des jeux olympiques de Mexico.

Cependant le Sénégal ne marquera pas de s'illustrer à nouveau sur ce tour de piste en alignant quatre spécialistes du 400m qui vont se classer quatrième en finale au 4 x 400m des jeux Olympiques d'Atlanta. Un sénégalais du nom de Ibrahima Wade avait lui aussi accédé en demi-finale des championnats du monde d'Athènes.

I-2 Palmarès

TITRE	MASCULIN	FEMININ
Record du monde	43"18	47"60
Record d'Afrique	44"17	49"10
Record du Sénégal	45"01	50"77

I-3 Evolution du 400 m

Depuis les origines du 400 m, l'image du coureur type (de 400m) n'a pas été très stable. Le 400 m, lorsqu'il ne s'effectuait pas encore en couloir, était pratiquement une course de demi-fond. Les athlètes portaient à un rythme beaucoup facile pour tenter une accélération en fin de course. Les vedettes du moment étaient soit des sprinters qui avaient une base d'entraînement très limitée en vitesse et en endurance, soit des coureurs de demi-fond limités en vitesse. La course n'avait pas de vrais spécialistes. Il n'y avait pas une qualité très spécifique pour les athlètes. Colbeck qui fut un grand champion des 440 yards était spécialiste de 110 yards et de 880 yards.

Il fut un moment où seuls les spécialistes de 880 yards dominaient la distance. C'est à l'époque que les coureurs de demi-fond étaient les meilleurs candidats pour la distance de 440 yards, à cause surtout de leur qualité d'endurance. On nota après un renversement de situation et les sprinters devenaient à leur tour maîtres de la distance. L'exemple type fut celui de l'américain Long qui fut champion au 110 yards et au 440 yards aux championnats des USA. En même temps la tactique de course changea. Un départ lent pour un final rapide fit place à un départ très vélocé. Ainsi, pour réaliser ses 47"1/5 au 440 yards, Long dut partir très vite en passant en 22"2/5 au 220 yards, 36"2/5 au 320 m même s'il termina difficilement sa course.

L'américain Méridith, qui a toujours adopté cette tactique de départ rapide, finit par préconiser la manière de courir les 440 yards. Selon lui "la manière idéale de courir le 440 yards est de courir les 220 premiers yards à sa vitesse maximale, puis ralentir quelque peu pendant les 100-120 yards suivants, afin de conserver des réserves pour la fin". Le ralentissement à son avis permettrait de récupérer un peu d'une éventuelle fatigue après les 220 yards rapides.

En 1924, dans la même ligne d'idée, Alfred Spitzer, entraîneur-journaliste français affirme que seule la vitesse est indispensable pour courir le 400 m (Astrand P.O. Radahl K. 1980) et que pour mieux courir le 400 m, il faut courir à fond sur les deux tiers de la distance et terminer comme on pourra.

Deux ans plus tard en 1926, un autre entraîneur américain Dink Templeton, rejette tous les concepts. Pour lui "la seule tactique possible est de trouver le moyen de terminer le premier ; donc il faut courir le plus vite possible de bout en bout". Le principe réussit à Emerson Spencer en 1928. Il passe en 21"8 au 200 m et termine en 47", établissant un record du monde.

Longtemps durant, la tactique de Dink Templeton resta à la vogue jusqu'au jour où Mc Kenley, qui part toujours très en vélocité, fut surpris dans une course où il partit moins vite que d'habitude en 22"2 mais battit le record du monde en 46".

A travers toutes ces péripéties de coureurs modèles de 400 m, et de méthodes de répartition d'effort sur la distance, on est encore loin de trouver le rythme qu'il faut pour effectuer le 400m.

En 1968 à Mexico, lorsque Lee Evans établissait le record du monde de la distance en 43"85, on pouvait penser alors que seuls les coureurs de vitesse avaient des prédispositions pour mieux courir le 400 m ; mais en 1976 à Montréal, Juanitoréna Alberto, le cubain ranima encore les réserves à propos de vraies prédispositions d'un coureur de 400 m , pour son exploit. Spécialiste du 800 m, il gagna admirablement le 400 m après avoir remporté la première place au 800 m..

Cet exploit de Juanitoréna avec celui de Kratochvilova en 1983 à Helsinki montrèrent que le 400 m n'est pas une discipline réservée uniquement aux sprinters. Toutefois les qualités de vitesse s'avèrent indispensables, car si Juanitoréna est crédité d'un temps inférieur à 21" au 200 m kratochvilova, elle, a gagné le 200 m en 1984 aux championnats d'Europe en salle.

Si tout cela pouvait bien signifier que les qualités, à la fois lactique et anaérobie de l'endurance anaérobie sont indispensables à la course de 400 m , il serait alors utopique de croire que seul un développement des qualités précitées peut suffire pour faire de belles performances sur la distance.

II- FACTEURS INFLUANT SUR LA COURSE DE 400 M

Dans une compétition d'athlétisme, où le caractère individuel prédomine, l'athlète est seul responsable de son résultat. Sa performance peut dépendre aussi bien de ses possibilités physiques du moment que des conditions dans lesquelles s'effectue la course :

La réussite de l'athlète dans une compétition dépend donc de nombreux facteurs, qui peuvent être définis comme des facteurs internes et externes.

II-1 facteurs externes

Il est peu fréquent de voir un athlète répéter constamment la même performance d'une compétition à l'autre. Cela pourrait s'expliquer en partie par le fait que toutes les compétitions ne se déroulent pas dans les mêmes conditions atmosphériques et matérielles et que l'environnement diffère d'une compétition à l'autre, outre l'influence de l'entraînement.

Tous ces éléments externes qui influencent sur la compétition de l'athlète peuvent avoir des caractéristiques différentes.

II-1-1 Facteurs physiques

Les conditions atmosphériques restent souvent instables d'une région à l'autre, d'une journée à l'autre et d'une saison à l'autre. Ainsi une compétition sportive peut avoir lieu dans le froid comme dans le chaud ; ce qui peut bien changer le comportement de l'athlète. De même le vent (résistance de l'air), l'humidité, voire l'altitude peuvent modifier les performances de l'athlète.

II-1-2 Matériel et environnement

La révolution dans le matériel sportif et les incessantes modifications apportées au règlement, ont beaucoup contribué à la progression des performances sportives. Longtemps, le 400 m était couru dans des conditions difficiles et les performances étaient aussi moins brillantes. Il a fallu du temps pour adopter définitivement la piste à double virage en arc avec deux lignes droites. L'apparition des couloirs en 1909 maintient toujours la discipline dans une allure de course de demi-fond. C'est la naissance des pistes synthétiques qui apportera encore de plus importantes progressions dans les performances on estime à près de 2/10 à 3/10 de seconde les gains de temps sur piste en cendrée (Pariante R. 1995). La première course de 400 m sur le tartan a été : ... le 20 mai 1967 en Californie par Smith en 44"5 ce qui constituait le nouveau record du monde.

Parfois, le rythme de la course est influencé par la position de l'athlète au départ de la course. Exemple pour l'athlète qui aurait tiré le couloir extérieur, serait condamné à faire sa course sans se préoccuper des autres et cela ne sera pas sans conséquence. Une position intermédiaire par exemple, permettrait à l'athlète de contrôler sa course à partir de celle des adversaires.

II-2 Facteurs internes

L'activité sportive et l'affrontement en compétition nécessitent d'incessantes réactions à un univers de stress variés et très divers dans leur nature et leur intensité. Certains n'ont qu'une valeur de stimuli sensoriels ou psychiques (Guillet R ; Genety, J, 1979). En effet le froid, la chaleur, l'altitude... et tout ce que l'on peut considérer comme des facteurs externes, ne sont pas les seuls facteurs dont dépend la performance sportive. La performance est également fonction du capital psychique et bioénergétique qui sont des facteurs internes de l'athlète.

II-2-1 Facteurs psychologiques

La performance d'un athlète dépend, entre autre, de ses forces psychologiques qui lui permettront de bonnes réactions d'adaptation. La volonté de faire front à l'impression désagréable qui accompagne le déclenchement de la fatigue pourrait être le facteur le plus déterminant dans le résultat de l'athlète, tout comme l'estime de soi, qui assure une certaine aspiration. Selon certains auteurs l'athlète essaye de préserver cette estime de soi et pour cela tente d'élever ses performances ou de diminuer son niveau d'aspiration.

La performance de l'athlète peut dépendre, aussi, de son niveau d'activation qui représentent l'état d'excitabilité du système nerveux et qui s'étend du sommeil le plus profond à l'émotion la plus intense ; et il faudrait un optimum de tension pour que les performances soient maximum.

Les situations anxiogènes de la compétition et les facteurs d'environnement donnent souvent lieu aux réactions émotionnelles, à des perturbations en situation de compétition tel le manque de concentration et le désordre psychomoteur, qui peuvent se traduire par des échecs ou par des irrégularités dans les performances.

II-2-2 Facteurs physiologique

A- L'échauffement

Les auteurs ne doutent plus de l'importance physiologique dans l'effort physique. Parmi les facteurs physiologiques, l'échauffement de l'athlète avant l'effort peut être un élément plus ou moins important de la réussite. Même si certains auteurs doutent de l'effet favorable de l'échauffement avant l'effort physique. Les auteurs pensent que l'échauffement favorise l'augmentation de degré de la force de contraction musculaire. Ils soutiennent que l'augmentation de la température du corps, provoquée par l'échauffement, facilite les réactions biochimiques qui fournissent l'énergie nécessaire aux contractions musculaires.

Des auteurs pensent que les muscles sont plus efficaces après la mise en train initiale. La mise en train préparerait mieux l'athlète à exécuter les coordinations inhérentes à une habileté particulière.

L'échauffement prévient aussi des accidents, Morehouse et Rash (1974) soutiennent qu'une "mise en train complète" réduit le risque de blessure et augmente la vitesse à laquelle l'athlète peut réagir.

Des études faites (sur l'échauffement) dans les épreuves de 100m, 200m, 400m ont permis de constater que l'échauffement améliore de 0,5 seconde la performance sur 100 m par rapport aux résultats obtenus chez les athlètes non échauffés avant l'épreuve.

B - Les qualités bioénergétiques

L'efficacité mécanique du muscle est liée au catabolisme de la molécule d'ATP+Pi +E, et à sa disponibilité permanente. D'après Lacour (1985) la performance d'un athlète est d'autant meilleure que ses muscles disposent d'une plus grande quantité d'énergie utilisable.

La disponibilité permanente de l'ATP est assurée par sa reconstitution continue par les réserves énergétiques de la créatine phosphate, du glucose, des lipides, voire, parfois des protides. Les processus de reconstitution de l'ATP sont variables, mais complémentaires entre eux et dépendent de l'intensité et de la durée de l'effort. Ils sont caractérisés par , l'inertie, la puissance et la capacité des systèmes énergétiques.

On sait qu'au début de l'effort ou lorsque l'effort est très intense et de courte durée, l'apport d'O₂ est insuffisant ou nul et le processus de reconstitution est dit anaérobie ; lorsque l'effort est de longue durée, son intensité doit être faible et la reconstitution d'ATP a lieu en aérobie. Cependant chaque processus sera caractérisé par la puissance et la capacité des systèmes énergétiques : (anaérobie alactique (ATP+PC) ; anaérobie lactique (Système "glycolitique"); aérobie ("glycogénolyse" et "lipolyse")

LA PUISSANCE

Elle est définie comme la quantité d'énergie fournie par unité de temps, peut atteindre un niveau très élevé dit "puissance de Crète" qui est généralement atteinte dans la phase anaérobie alactique où l'ATP et la CP sont les substrats essentiellement dégradés. La puissance dans cette phase anaérobie alactique est appelée "puissance anaérobie alactique et caractérise souvent une bonne qualité de vitesse gestuelle ; mais elle ne peut être soutenue que pendant un certaine durée qui est la "durée critique" ; la durée est de quelques secondes (7" à 10").

La valeur énergétique de la puissance anaérobie alactique est estimée à 750 kJ/m² si la vitesse de course atteint 10m/s¹ lors d'une course de 100m.

Dès que les réserves de phosphagène sont sensiblement diminuées en cours d'exercice, le système anaérobie alactique fait place au système anaérobie lactique, où les glucoses sont les plus dégradés pour reconstituer l'ATP ; l'effort n'est plus à son niveau d'intensité très maximale. La puissance alors (puissance anaérobie lactique) est faible par rapport à la puissance anaérobie alactique.

La puissance anaérobie alactique peut varier entre la 30^e et 40^e secondes d'un effort maximal. Sa valeur énergétique est à près de 500 kJ/mn pour un 400 m effectué en 44" (Flandrois 1979).

Lorsqu'un effort est intense, il ne peut durer longtemps, mais lorsqu'il continue l'intensité doit diminuer et le processus aérobie relaye le processus anaérobie. Le processus aérobie est caractérisé par une consommation d'O₂. Cette consommation d'O₂ est en rapport linéaire avec la puissance de l'effort jusqu'à une certaine puissance maximale où la consommation d'O₂ n'augmente plus et atteint son maximum (VO₂ max) correspond à la puissance maximale aérobie (PMA) selon Lacour et Flandrois (1977). Le VO₂ max peut atteindre des valeurs de 5 l/mn soit 10 kJ/mn voire 6,5 l/min soit 95 ml/mn/kg (Flandrois 1979). Chez les coureurs de 400 m, le VO₂ max est statistiquement estimé à 60 - 70 ml/mn/kg (Karlsson J et col 1972).

LA CAPACITE

La capacité est définie en bioénergétique comme la quantité totale d'énergie susceptible d'être fournie indépendamment du temps.

Quelque soit la charge, dans le processus anaérobie alactique, la capacité reste toujours la même (Flandrois R. 1979) et elle est estimée à 30 kJ. La capacité anaérobie alactique ne peut durer qu'une vingtaine de secondes en début d'effort.

Dans le processus anaérobie lactique, la capacité est évaluée à partir de la quantité d'acide lactique produit et peut correspondre à un effort de 2 min. Cette capacité (anaérobie lactique) est estimée à 100 kJ chez un sujet moyen (Hermansen 1978). Elle est basse en raison de la tolérance limitée des muscles à accumuler l'acide lactique. La capacité glycolitique serait aussi probablement limitée par le pouvoir tampon du tissu musculaire, de celui du sang et du milieu interstitiel.

A propos de la capacité, dans le processus aérobie, elle est liée au VO₂ max, au métabolisme des substances énergétiques, et à la thermolyse. Elle peut être illimitée et sa valeur varie suivant la durée et la puissance auxquelles l'exercice est effectué. On croit que cette capacité (aérobie) peut atteindre et même dépasser 20 000 kJ chez les athlètes particulièrement aptes (Flandrois R. 1979).

L'INERTIE

Si les réserves d'ATP et de CP sont immédiatement disponibles dès le début de l'effort, il n'est pas de même pour les autres substrats (glucose et lipide), dont la mise en route est progressive. Aussi rapidement qu'elles sont mises en route, les réserves d'ATP et de CP, très limitées, s'épuisent en tout vite.

La performance de l'athlète peut dépendre de ces 3 paramètres (inertie, puissance, capacité) des systèmes énergétiques.

Ainsi chez le coureur de 400 m la prédominance des qualités de puissance et de capacité en anaérobie serait un atout favorable.

C - Les caractéristiques musculaires

La constitution interne du muscle influence le système énergétique de l'effort physique. L'ensemble du système musculaire, squelettique présente des muscles blancs et des muscles rouges ; les uns ont la qualité de se contracter plus rapidement que les autres.

Dans leurs structures, les muscles présentent des fibres à contraction rapide et des fibres à contraction lente. Les fibres à contraction rapides sont dénommées les Fast Twitches (FT) ou fibres du type II ; les fibres à contraction lente sont des Slow Twitches (ST) ou fibres du type I. Deux subdivisions se distinguent au niveau des FT ou II ; les FT_a ou II_a et les FT_b ou II_b. Les II_b ont une vitesse de contraction plus importante que les II_a. Certains auteurs auraient découvert encore une troisième subdivision dans les FT dont les caractéristiques se rapprochent de ceux des ST ; c'est les II_c qui semblent, sous l'effet de l'entraînement spécifique, passer en ST. Ces fibres II_c sont des fibres intermédiaires.

D'un type de fibre à l'autre, il existe une prédominance de potentiel métabolique. C'est ainsi que les FT ont des possibilités glycolytiques anaérobies très élevées (essentiellement les FT_b). Cela se traduit par leur activité enzymatique élevée (dans la glycolyse anaérobie). Leur activité ATP asique est très importante. Les FT sont très "fatigables", et sont plutôt riches en myoglobines et en capillarisations. Ce qui leur confère des possibilités oxydatives très élevées.

La répartition des types de fibres est essentiellement héréditaire ; certains auteurs ne doutent pas du rapport qui existe entre le type d'activité sportive pratiquée et la prédominance du type de fibres adaptées. On a constaté une prédominance des fibres à contraction rapide chez les sprinters (Lacour JR 1992) Dans les compétitions de course sur courte distance, les fibres à contraction rapide seraient plus sollicitées que les fibres à contraction lente. L'entraînement spécifique peut entraîner des modifications fonctionnelles au niveau des deux types de fibres (Flandrois R. 1979)

III- LA BIOENERGETIQUE DE LA COURSE DE 400 M

III-1 Processus énergétique de la course

Au cours d'une activité physique musculaire, le muscle sollicite de l'énergie chimique qu'il transforme en énergie mécanique et en chaleur.

L'adénosine triphosphate (ATP) est la source privilégiée de fourniture directe de l'énergie au muscle. Dès que l'effort est déclenché, les réserves d'énergie de l'ATP commencent à baisser. Quelques secondes suffisent pour que les réserves d'ATP musculaires diminuent sensiblement, et lorsque, la diminution devient importante, la participation d'autres sources d'énergie s'avère nécessaire pour la suite de l'effort. Leur rôle sera de reconstituer l'ATP (la créatine phosphate, les glucides et les lipides sont les substrats essentiels de reconstitution de l'ATP). La dégradation et la reconstitution peuvent avoir lieu bien en présence d'oxygène qu'en son absence. (Au niveau de la cellule musculaire, le métabolisme anaérobie a essentiellement lieu dans la mitochondrie).

Au début d'un effort, l'énergie provient essentiellement de la dégradation des phosphates c'est-à-dire de l'ATP et de la créatine phosphate ; ce qui entraîne une baisse des réserves de l'ATP. Une baisse sensible des réserves de créatines phosphates va privilégier la sollicitation de la voie glycolytique pour la reconstitution de l'ATP. En ce début d'exercice, l'apport d'oxygène étant pratiquement nul, les phénomènes de production ont lieu pratiquement en anaérobie et la glycolyse qui a lieu est dite glycolyse anaérobie. Au fur et à mesure que l'effort se poursuit, l'apport d'oxygène sera nécessaire et la glycolyse va continuer de façon aérobie : si l'intensité de l'effort est modérée et que l'oxygène arrive suffisamment et régulièrement aux muscles les lipides deviennent la source privilégiée de la reconstitution de l'ATP. Chacune de ces réactions de dégradation et de reconstitution sera activée par des enzymes spécifiques. Ainsi, sous l'effet de son enzyme (créatine phosphokinase) la créatine phosphate donnera de l'ATP plus la créatine. Le glucose suivra un cycle plus long jusqu'à l'acide pyruvique avant de finir en acide lactique plus ATP, ou en $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$.

La quantité de moles d'ATP par mole de glucose est estimée à 38 et celle des lipides (triglycéride - C_{18}) à 463 (Vander A.T., Sherman J.H., Luciano D.S. 1977) Toutes les voies énergétiques assurant le renouvellement de l'ATP fonctionnent ensemble.

Mais la participation de chacune de ces voies dépend des exercices à réaliser. La frontière entre ces processus n'est d'ailleurs pas aisée à établir : la participation de tel ou tel processus au cours d'un exercice donné est invoquée dans la mesure où sa contribution est prédominante et permet à l'exercice de se poursuivre au même niveau.

Dans le même ordre d'idée, on remarque qu'il n'est pas possible de solliciter de manière élective tel aspect d'une voie, sans solliciter également un aspect d'une autre voie.

III-2 Contribution des processus énergétiques dans la course de 400 m

La course de 400 m est un effort très intense et les performances sont souvent inférieures à la minute. C'est une course de vitesse souvent appelée le "sprint long". Comme toute activité physique à grande intensité de courte durée, la course de 400 m est effectuée presque entièrement en anaérobie toute fois une partie de la course est aérobie d'après les auteurs (Karlson I 1972) pensent que le 400 m serait couru à près de 75 à 80% en anaérobie et à 20 à 25% en aérobie.

III-2-1 La participation du processus aérobie à la course de 400 m

Les processus aérobies sont caractérisées par une consommation d'O₂. Pendant l'effort, cette consommation d'O₂ n'est pas suspendue si l'intensité de l'effort est modérée ou faible. Cependant lorsque l'intensité monte, la consommation d'O₂ augmente et à partir d'une certaine intensité, elle n'augmente plus. A partir des tests de laboratoire, Lacour et Flandrois (1977) ont constaté aussi qu'à une certaine puissance mécanique fournie, la consommation d'oxygène n'augmentait plus et ils définirent cette puissance comme la puissance maximale aérobie (PMA)

Flandrois en 1979 a trouvé que chez un coureur qui a effectué le 400 m en 54", 38% de la totalité d'énergie sollicitée par la course étaient d'origine aérobie, et la théorie de Lacour estime à 21,7% la part du processus aérobie dans la dépense énergétique total évaluée à 5,3KJ/kg pour un 400 m couru en 43"9

Dans la course de 400 m, la phase aérobie n'interviendrait en principe, qu'en fin de course où l'accumulation d'acide lactique serait, aussi important dans le muscle et la vitesse de course serait diminuée ; car pour certains auteurs, la baisse du PH sanguin concomitante à l'élévation de l'acide lactique peut favoriser la capacité du sang de fournir de l'oxygène aux muscles en activité et augmenter la disponibilité de l'oxygène dans les muscles actifs.

III-2-2 La participation du processus anaérobie à la course

Au cours d'un exercice intense exhaustif de courte durée et probablement en début de l'effort physique, l'énergie provient essentiellement du processus anaérobie. Les auteurs estiment qu'un effort de 10" à 1' de durée est trop court pour solliciter au maximum le système de transport d'O₂. La consommation d'O₂ serait pratiquement nulle et la dette d'O₂ contractée au cours de l'effort est très importante ; la dégradation des métabolites (ATP, PC) est rapide et importante. La glycolyse produit des déchets, tel l'acide lactique, dans le muscle et le sang. Toutes ces réactions vont conduire à la diminution sensible de l'intensité de l'effort.

Dans la course de vitesse, la part du processus anaérobie est prédominante, comme il en serait le cas dans une course de 400 m, selon Lacour (1985).

Le processus anaérobie est caractérisé par deux phases :

Une phase alactique où la production de l'acide lactique serait peu importante et une phase lactique avec une production élevée de l'acide lactique

A) Le métabolisme anaérobie alactique

Puisque tous les processus énergétiques sont mis en route dès le début de l'effort physique, il est peut être difficile de parler de métabolisme anaérobie alactique, car on sait que l'acide lactique est un produit de la glycolyse.

Cependant le métabolisme anaérobie est dit alactique dans sa première phase parce que en début d'exercice, seuls l'ATP et la CP sont les fournisseurs privilégiés de l'énergie ; la glycolyse reste encore plus sollicitée et la production d'acide lactique peut être négligeable. D'après Di Pranpero 1977, la consommation d'O₂ et le lactate musculaire sont nuls pendant les premières secondes de l'exercice.

Il n'est pas encore connu avec précision la durée de la part d'énergie assurée par les phosphogènes et la glycolyse anaérobie au cours d'un exercice physique. Toutefois, Astrand et Rodall (1980) pensent que le métabolisme anaérobie alactique durerait les 20 premières secondes de l'effort.

B) Le métabolisme anaérobie lactique

Pendant la phase anaérobie de la course, dès que les réserves d'ATP et de CP diminuent considérablement, la phase glycolytique devient plus importante dans la fourniture de l'énergie. Keul, Kinderman et Simon G (1978) avancent que le processus lactique devient important dès que le taux de CP diminue ou s'épuise ; probablement entre les 15^e et 20^e secondes de l'effort. Si l'intensité de l'effort reste élevée, l'apport d'oxygène demeure toujours très faible et la glycolyse, en fournissant de l'énergie, va s'accompagner d'une baisse du PH et de la production de l'acide lactique. Ces transformations provoquent des perturbations dans les fonctions de l'organisme et compromet la stabilité de l'intensité de l'effort. L'intensité de l'effort va donc baisser sous leur influence.

Dans une course de 400m, qui dure entre 45" 21 et 46" 62 la production de l'acide lactique est très élevée ; sa concentration dans le sang s'élèverait à près de 19mM/l au dessus des valeurs de repos (Keul, Kinderman Simon 1978). Cela peut traduire la part importante du métabolisme anaérobie lactique qui caractérise la spécificité de la course de 400m.

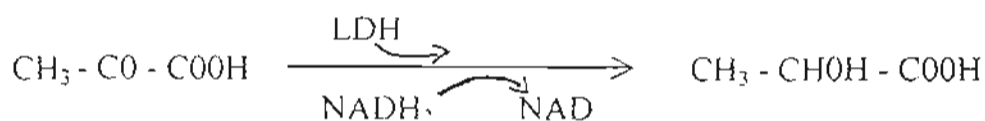
III-3 L'acide lactique dans l'organisme

L'acide lactique qui est un produit final de la glycolyse serait décrit pour la première fois par Schellé dans le lait maigre (Duvallier A. 1983). Le catabolisme glycolytique, qui conduit à la production de l'acide lactique, est une suite de réactions qui a lieu dans le cytoplasme en présence de différentes enzymes et sans apport d'oxygène.

Les glucides sont mis en réserve sous forme de glycogènes dans l'organisme (muscles, foie...) et se dégradent au cours de l'effort sous forme de glucose 1 phosphate qui passera en glucose 6 phosphate avec la perte d'une molécule d'ATP et en présence d'une enzyme hexokinase (H.K). Le glucose 6 phosphate est converti en

fructose 6 phosphate sous l'action de la phospho-hexo-isomérase. Le fructose 6 est transformé en fructose 1-6 diphosphate sous l'effet du phospho-fructokinase (PFK). Avec dégradation d'une molécule d'ATP le fructose 1-6 phosphoglyceraldéhyde, utilisé par la cellule, sera catalysé par la triosephosphate déshydrogénase pour donner de l'acide 3 phosphoglycérique en passant par l'acide diphospho 1,3 glycérique avec libération de 2 ions hydrogène ($2 H^+$). Les ions H^+ seront captés par la NAD (nicotinamide adénine dinucléotide) qui devient du $NADH_2$. Cette étape de la réaction reconstitue la première molécule d'ATP, et la seconde molécule est obtenue au cours du passage de l'acide phosphoenolpyruvate en acide pyruvique sous l'action du pyruvate kinase (PK) en présence d'ions magnésium (Mg^{+}) et d'ion potassium (K^{+}).

Le processus anaérobie va transformer l'acide pyruvique en acide lactique. La réaction est catalysée par la lactico-deshydrogénase dont le coenzyme est le $NADH_2$. Le $NADH_2$ est réoxydé en NAD



Au cours d'un exercice intense de courte durée entraînant la fatigue on trouve dans le muscle plus de 20 m M/Kg de lactate Flandrois 1979. Cet acide lactique produit dans le muscle se diffuse dans le sang et les autres compartiments de l'organisme (Astrand 1980). La diffusion dans le sang de l'acide lactique musculaire serait un processus très rapide. L'équilibre peut s'établir 7 minutes après un effort intense de 3 minutes et le taux de l'acide lactique dans le sang atteindrait son maximum (Philip D., Gollnic Hermansen L., 1973). Il pourrait atteindre 20 mM à 30 mM plus, après un exercice intermittent de courte durée d'après Osnes et Hermansen (1972).

Au niveau de l'organisme, l'acide lactique provoque un grand déséquilibre dans le système biologique. Ainsi, il affectera beaucoup les systèmes tampons, le PH et les systèmes enzymatiques de la glycolyse.

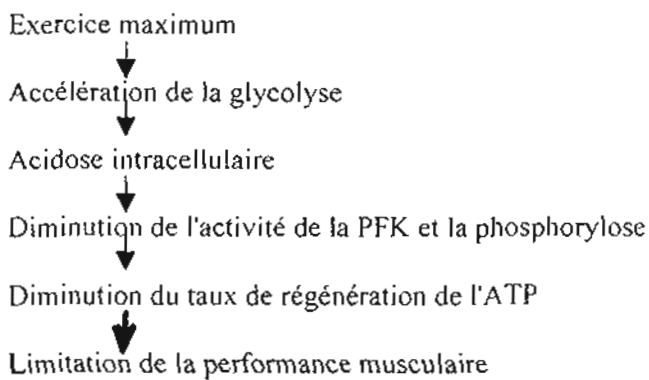
- Selon Hultman E Sahlink (1976), la formation du lactate est caractérisée par une production des ions H^+ qui serait en partie neutralisée par les systèmes tampons. Ce qui entraînera une baisse de la concentration du bicarbonate musculaire et plasmatique, et une élévation du volume du CO_2 expiré.

- Flandrois R (1979) et Osnes, Hermansen L. (1972) avancent que l'équilibre acido-basique est très sensible aux fluctuations de l'acide lactique. alors, aussi bien dans le muscle que dans le sang il fait baisser le PH dès que son taux de production s'élève. Les derniers ont trouvé des valeurs de 6,9 et 6,8 et de 6,5 à 6,4 respectivement dans le sang et le muscle. Les variations subies par le PH sous l'influence de l'acide lactique affectent les molécules d'enzymes, en diminuant (ou en annulant même leur activité catalytique comme le soulignent Gollnick P.D, Armstrong R.B, Sembrowich W. L (1972).

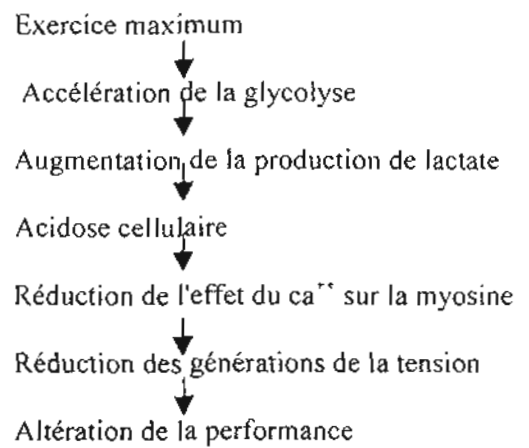
Déjà à partir de 8 à 10 mM d'acide lactique produit dans le sang, soit un équivalent de 7,25 de PH sanguin, l'activité des enzymes serait inhibée d'après Imhofu et col 1977. Fuchs pense que la concentration en ions hydrogènes dans le muscle réduit la capacité de fixation d'ions calcium sur les protéines contractiles des myofibrilles (myosine-actine) et contribue ainsi au processus de "raidissement" durant la course de 400 m.

L'altération de la performance physique serait donc une suite logique du processus de la glycolyse et une conséquence de l'acidose intra cellulaire comme Hermansen(1978)en a émis les hypothèses.

1^e hypothèse



2^e hypothèse



CHAPITRE II : METHODE ET MATERIEL

I- POPULATION

Notre étude a été faite sur 25 athlètes Sénégalais de sexe masculin spécialistes du 400 m qui participent aux compétitions organisées par la ligue athlétisme de Dakar.

Les sujets de notre expérimentation sont âgés de 15 (sujet n° 1) à 27 ans (sujet n° 20) avec une moyenne de 22 ans \pm 3, 102.

Leur poids varie entre 60 kg (sujet 14) et 83 kg (sujet n° 7) alors que le poids moyen se situe à 69,7 kg \pm 5,358.

Quant à leur taille, elle varie entre 1,65 m (sujet n° 5) et 1,98 m (sujet n° 12). La taille moyenne est de 1,80 m \pm 0,063.

II- MATERIEL

Pour la réalisation de notre protocole d'étude nous avons utilisé :

- une pèse personne de type Seca pour la mesure du poids de nos sujets ;
- un somatomètre gradué en centimètre pour la mesure de la taille de nos sujets ;
- 8 chronomètres pour la prise des temps de passage au 200 m.

II- LIEU D'ETUDE ET DONNEES CLIMATIQUES

L'expérimentation s'est déroulée au stade Léopold Sédar Senghor pendant le mois de Mars. C'est un stade qui comporte une piste synthétique de 8 couloirs.

La température ambiante tournait autour de 24° C qui est une température de confort.

III- PROTOCOLE

C'est à partir de la compétition du 03 Mars 2001 organisée par la Ligue d'Athlétisme de Dakar que nous avons mené la première partie de notre expérimentation. Elle consistait à prendre dans l'épreuve du 400 m masculin le temps de passage au 200 m (X_1) de 25 athlètes par des chronométreurs placés juste à l'extérieur de la piste et chacun face à la ligne de départ de son couloir. Les officiels de compétition étaient chargés de prendre le temps à l'arrivée du 400 m (Y)

Le classement au passage du 200 m (X_1) et celui de l'arrivée ont été considérés. Les mêmes observations ont été faites sur les finalistes des championnats du monde d'Athènes 97.

Ceci, pour voir une éventuelle relation qui pourrait exister entre la première moitié de la course ; la seconde et l'ensemble de la distance. Mais aussi la place de l'endurance anaérobie alactique dans la course du 400 m.

La seconde partie s'est déroulée deux semaines après (24 Mars 2001) dans le même contexte. Elle consistait à faire faire aux sujets de la première partie de l'expérimentation un 200 m en compétition (X_3) afin de voir leur performance au 200m et son rapport avec le 400 m entier. Cette partie devait nous permettre de voir la place de l'endurance anaérobie alactique dans la course du 400 m.

V- PRECAUTIONS

Pour nous assurer de la bonne prise des temps de passage on a eu recours au concours d'officiels techniques fédéraux et d'entraîneurs expérimentés.

Le 200 m de compétition a été programmé 15 jours après le 400 m pour éviter des changements sur le niveau de forme pendant la première étape de l'expérimentation par rapport à la seconde.

La meilleure performance au 400 m des sujets avant l'expérimentation a été considérée pour voir si cette dernière reflétait bien le niveau de performance des sujets.

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats obtenus peuvent être présentés sous forme de 5 tableaux.
Dans le premier nous avons dressé une récapitulation des données anthropométriques des sujets de l'expérimentation.

	AGE (ans)	POIDS (kg)	TAILLE (m)
MOYENNE	22,040	69,720	1,798
ECART-TYPE	3,102	5,358	0,063

Tableau n° 1 : Données anthropométriques des sujets (N = 25)

Dans le second nous avons considéré chez les sujets de l'expérimentation: la performance au 400 m, celle du premier 200m, le rapport et la différence entre le temps au premier 200 m et celui du second, la meilleure performance au 400 m des sujets et la différence entre le temps du 400 m expérimental et la meilleure performance des sujets.

	Y	X ₁	X ₂	X ₁ /X ₂	X ₂ - X ₁	Y'	Y-Y'
MOYENNE	51"13	24"28	27"87	0,907	2"59	50"28	0"85
ECART-TYPE	1"40	0"97	1"20	0,057	1"82	1"66	1"04

Y = Performance du 400 m expérimental

X₁ = Temps de passage au 200 m dans le 400 m expérimental

X₂ = Temps du deuxième 200 m dans le 400 m expérimental

Y' = Meilleures performances des sujets avant l'expérimentation

Tableau n° 2 : Récapitulation des performances réalisées par les sujets de l'expérimentation (N = 25)



Le troisième tableau présente chez les sujets qui ont fait un 200 m seul en compétition : leur performance au 400 m, le temps de passage au 200 m, la performance du second 200 m dans le 400, le rapport de la performance du premier 200 m sur celle du second, le rapport de la performance du 200 m max sur celle du premier 200 m, le rapport du temps au 200 m max sur celui du deuxième 200 m ; la différence entre la performance au premier 200 m et celle du second et la différence entre le temps au premier 200 m et celui du 200 m max.

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ /X ₂	X ₃ /X ₁	X ₃ /X ₂	X ₂ -X ₁	X ₁ -X ₃
MOYENNE	50"82	24"01	26"60	22,44	0"905	0"935	0"845	2"59	1"65
ECART-TYPE	1"61	1"10	1"24	0,77	0"066	0"035	0"034	1"82	0"91

Y = Performance du 400 m expérimental

X₁ = Temps de passage 200 m dans le 400 m expérimental

X₂ = Temps du deuxième 200 m dans le 400 m expérimental

X₃ = Performance au 200 m seul en compétition

Tableau n° 4 : Récapitulation des performances réalisées par les finalistes des championnats du monde d'Athènes 1997 (N = 8)

Un quatrième tableau va considérer les performances au 400 m, le temps de passage au 200 m et la performance au second 200 m du 400 chez les finalistes des championnats du monde d'Athènes 1997.

	Y	X ₁	X ₂	X ₁ /X ₂	X ₂ - X ₁
MOYENNE	44"52	21"33	23"00	0,928	1"67
ECART-TYPE	0"32	0"26	0"48	0,531	0"70

Y = Performance du 400 m

X₁ = Temps de passage 200 m

X₂ = Temps réalisé au deuxième 200 m

Tableau n° 4 : Récapitulation des performances réalisées par les finalistes des championnats du monde d'Athènes 1997 (n = 81)

	SUJETS DE L'EXPERIMENTATION N = 25	SUJETS DE L'EXPERIMENTATION QUI ONT FAIT LE 200 M MAX N = 25	CHAMPIONNATS DU MONDE DE STATHENE N = 8
Corrélation entre le temps du premier 200 m et celui du deuxième dans le 400 m	FAIBLE	FAIBLE	R = 0,78 P < .01
Corrélation entre le temps du premier 200 m et celui de l'arrivée dans le 400 m	R = 0,53 P < .01	R = 0,57 P < .02	FAIBLE
Corrélation entre le temps du second 200 m et celui de l'arrivée dans le 400m.		R = 0,68 P < .01	R = 0,83 P < .01
Corrélation entre le temps du premier 200 m de compétition et celui du premier 200m dans le 400m.		R = 0,90 P < .001	
Corrélation entre le temps du 200 m seul de compétition et celui du 400 m		R = 0,58 P < .02	

Le cinquième tableau présente les corrélations entre les performances du premier 200 m du 400 m, du second du 400 m entier et du 200 m max.

Tableau n° 5 : Corrélation entre les temps des différentes parties de la course, le temps au 200 m seul en compétition et la performance au 400 m

CHAPITRE IV :
INTERPRETATION ET
DISCUSSION DES
RESULTATS

Pour interpréter et discuter nos résultats, nous allons, d'abord expliquer les résultats obtenus avec notre population. Ensuite nous apporterons l'explication scientifique des résultats constatés afin de les discuter en faisant une comparaison avec les finalistes des championnats du monde d'Athènes particulièrement celui qui a accédé à la plus haute marche du podium.

L'expérimentation menée sur des coureurs Sénégalais de 400m a montré l'existence d'une faible corrélation entre la performance du premier 200m et celle au deuxième 200m. Par contre on remarque une forte corrélation: entre la performance du premier 200m et celle du 400m : ($R = 0,53$ signification à $p < .01$), entre la performance au deuxième 200m et entre celle du 400 m ($R = 0,71$ significative à $p < .001$). Tableau n° 3

Une partie des sujets a fait un 200m de compétition et les mêmes tendances se sont manifestées dans les corrélations entre les différentes parties de la course considérées. La performance du 200 m de compétition a été par la suite corrélée avec celle du 400m ($R = 0,90$ significative à $p < .001$) et celle du premier 200 m ($R = 0,58$ significative à $p < .02$). Tableau n° 3

Les athlètes ont utilisé en moyenne $94\% \pm 0,035$ de leur vitesse maximale au 200 m pour parcourir le premier 200 m et $85\% \pm 0,034$ de cette vitesse maximale au 200 m pour parcourir le deuxième 200m.

Nous constatons généralement une grande différence entre la position au passage des 200 m et celle de l'arrivée (400m).

La différence entre le temps de passage au 200 m et la performance du deuxième 200m est en moyenne à $2^{\text{nd}}59$ et le rapport de la performance du premier 200 m sur celle du 2^{nd} 200 m est en moyenne à $0,96 \pm 0,066$.

Quant à la différence entre le premier 200 m et le 200 m de compétition qu'on va désigner sous le terme de vitesse de réserve se situe en moyenne à $1^{\text{re}}65 \pm 0,91$. Tableau n° 2.

Les résultats montrent qu'il existe des corrélations entre les différentes parties de la course considérées. C'est- à- dire entre la première moitié de la distance et l'ensemble de la distance ; entre la seconde moitié de la course et l'ensemble de la distance mais elle demeure faible entre les deux moitiés de la course. On remarque aussi une très forte corrélation entre le 200m de compétition et la performance au 400m.

Ainsi on peut dire que la course de 400 m est liée non seulement au développement du système anaérobie alactique avec sa puissance et sa capacité mais aussi au développement du système anaérobie lactique avec sa puissance et sa capacité. Toutefois la corrélation entre le 200m de compétition et la performance au 400 m reste plus importante d'où une très grande importance de la capacité alactique qui classiquement est superposable à la qualité d'endurance de vitesse ou de résistance de vitesse, cette qualité permet de maintenir une vitesse très proche du maximum sur des durées approchant les vingt secondes.

Une bonne qualité d'endurance vitesse permettrait d'avoir une bonne vitesse de réserve comme le montrent nos sujets qui ont présenté une vitesse de réserve moyenne de $1^{\text{m}}65 \pm 0^{\text{m}}91$ ce qui leur permet d'aborder la seconde moitié de la course sans épuisement total.

Cependant les résultats de l'expérimentation montrent une légère baisse de niveau des athlètes qui affichaient une moyenne de $50^{\text{m}}28 \pm 1,66$ si on considère leurs meilleures performances au 400 m avant l'expérimentation. Tableau n° 2 .

Durant cette dernière ils se sont situés en moyenne à $51^{\text{m}}13 \pm 1^{\text{m}}40$ ce qui montre qu'il existe un entraînement spécifique au 400m tenant compte de la périodisation car à cette période les athlètes n'avaient pas encore bien développés leur puissance et capacité du système anaérobie lactique.

Pour le premier, il est déterminé par l'importance du "flux" de la glycolyse anaérobie

Classiquement elle dépend des enzymes clés de cette dégradation anaérobie du glycogène (phospho fructo kinase et M.L.D.H) en fait, on donne maintenant le rôle majeur dans le déclenchement de ce "flux" élevé à la baisse du rapport $\frac{ATP}{ADP}$ donc à la puissance du système dit anaérobie alactique.

On voit également que l'importance de l'énergie fournie par la voie anaérobie lactique va dépendre étroitement du taux de fibres rapides II_b dans les muscles moteurs.

Quant à la seconde, les études de Hermansen (1977) ont bien mis en évidence que la perte de l'efficacité de la contraction musculaire survenant après vingt à trente secondes d'effort proche du maximum était directement liée à la baisse du PH musculaire provoqué par la production d'ions H^+ et d'acide lactique provenant des réactions chimiques de la glycolyse. Cette baisse du PH à des taux "hyper-acides" de l'ordre de 6,3 ou 6,4 va entraîner :

- Une diminution de la libération dans le cytoplasme musculaire lors de la contraction musculaire, ce qui affecte le couplage active-myosine et a pour effet de réduire la tension musculaire (donc un effet direct sur le phénomène mécanique de la contraction musculaire).

- Une inhibition des enzymes clés de la glycolyse anaérobie (phosphorylases et phospho fructo kinase) entraînant un retentissement du débit de la glycolyse.

Ainsi le développement de cette capacité (filiale anaérobie) leur permettrait :

- * bien tamponner le PH acide ; c'est le rôle des tampons musculaires phospho créatine et phosphore inorganique : environ 50% des tampons ; des protéines : protéines contractiles (fibres II) mais aussi myoglobine (fibre I) : environ 30% des tampons et des bicarbonates cytoplasmiques (20%) dont l'importance sera également fonction du type de fibre (II_b éventuellement) ;

- * supporter des PH faibles induits par cette activité musculaire anaérobie.

Il faut noter aussi qu'à cette période de l'année où s'est déroulée l'expérimentation il y a toujours un vent considérable sur les lieux de l'expérimentation (stade Léopold Senghor) ce qui ne facilite pas la réalisation de bonnes performances au 400m car l'athlète fournit beaucoup d'énergie avec le vent de face de la ligne droite opposée et ainsi se fatigue avant d'aborder la seconde moitié de la course.

La variation des rapports de la performance au premier 200m sur celle du seconde 200m montre qu'on peut d'une manière plus ou moins équitable répartir ses efforts sur la distance. Cependant il serait difficile que le temps au premier 200m soit identique ou moins bon que celui du seconde 200m. Le premier doit toujours être couru plus vite que la seconde. Cela peut bien être expliqué par les raisons précitées qui motivent le développement de la puissance et de la capacité anaérobie lactique. Ce rapport peut également être traduit par la différence entre la performance au deuxième 200 m du 400 m et celle du premier 200 m qui se situe en moyenne à $2'' 59 \pm 1'' 82$. (Tableau N°2)

Des études similaires ont été faites sur les finalistes des championnats du monde d'Athènes 97 et ont donné des résultats assez concordants

La corrélation était significative : entre la performance au premier 200m et celle du deuxième 200 m ($R : 0,78$ significative à $p < .01$), entre la performance au deuxième 200m et celle du 400 ($R : 0,83$ significative à $p < .01$).

Par contre elle est faible entre la performance du premier 200m et celle du 400m.

On remarque que la filière anaérobie lactique est toujours primordiale avec la forte corrélation du seconde 200 m avec le 400 m. Cependant on note que la performance du premier 200 m n'explique pas bien la performance du 400. Cela peut s'expliquer par le fait que la capacité du système anaérobie alactique est presque homogène chez eux. Ainsi jusqu'au passage du 200 m le classement final de la course ne se dessine pas encore comme le montre la cinétique de course des 3 premières championnats d'Athènes par rapport aux 8 finalistes (Koszewski D., Müller H. 1997).

En étudiant la différence de performance entre les premiers 200m et seconds qui se situe chez les finalistes des championnats du monde d'Athènes à $1''67$ en moyenne $\pm 0''70$, on peut se poser la question à savoir si les sujets de l'expérimentation ont bien réparti leurs efforts sur les deux moitiés de la course. La réponse revient à remarquer que le niveau de performance n'est pas le même mais aussi la période n'était pas propice à la réalisation de petits différentiels comme le fit Michael Johnson lors des championnats du monde d'Athènes 97 en $1'' 01$.

Cette capacité à aller très vite aussi bien sur la première moitié de la course que sur la seconde jusqu'à faire un bon différentiel peut s'expliquer aussi par un bon potentiel de réserve.

Ainsi M. Johnson à la veille des championnats du monde avait réalisé une performance de 19" 32. Donc son passage en 21" 47 au 200 m signifie qu'il avait une vitesse de réserve de 2" 15. On peut traduire ce potentiel de réserve en pourcentage ce qui nous donne 89% là où les sujets de notre expérimentation ont utilisé en moyenne $94\% \pm 0,035$ de leur **zoom de compétition**.

Dans la seconde moitié il a développé 86% de sa vitesse max au 200m là où nos sujets se retrouvent avec un pourcentage de $84\% \pm 0,034$ (Tableau N° 2).

Un constat fait sur la perception de l'effet de l'acide lactique dans la course du 400 m particulièrement par les hommes de terrain (entraîneurs et athlètes) nous pousse à apporter des informations démontrées par de récentes études.

Si ADJEODA (1984) montrait qu'une meilleure performance au 400 m ne se traduit pas par une production limitée d'acide lactique. Kinderman, Keul, Simon (1978) de montrer qu'une course effectuée entre 55" et 57", le taux de lactate sanguin augmente 5 à 7 m mol/ l de plus que la valeur de repos, alors que ce taux peut même atteindre 25m mol/ l si l'effort est encore plus intense (45" 21- 46" 61).

Ceci pour montrer qu'une meilleure tendance de course au 400m n'est pas de limiter la production d'acide lactique en abordant la course à une vitesse trop faible. Mais plutôt de développer la capacité et la puissance lactique. Il va falloir attendre Messonnier L. (2000) pour avancer qu'on ne considère plus l'acide lactique comme un poison mais comme un substrat énergétique. Il sera, en effet, transformé en glycogène dans le foie.

Il peut aussi être brûlé dans la fibre musculaire. La seule chose embêtante à son propos c'est qu'il dissocie en lactate et en ion H^+ . Ce dernier est responsable de l'acidification du muscle et risque à terme de contrarier la poursuite de l'effort.

Il va étayer cette assertion par le fait que si deux athlètes du 400 m ont un même temps sur la distance, par exemple 50" mais que l'un finit avec 16m mol/l de lactate et l'autre avec 22 m mol/ l. On déduira que le premier coureur est susceptible de faire plus de progrès avec un entraînement lactique bien adapté. Et le jour où il pourra lui aussi atteindre des valeurs supérieures à 20, il devra d'être beaucoup plus performant.

CHAPITRE V : CONCLUSION ET PERSPECTIVES

I - CONCLUSION

Parler de "tactique standard" pour courir le 400 m serait peut-être pas approprié. Tout ce qui a été préconisé comme tactique de course au 400 m n'a jamais été une vérité universelle durable. Un départ trop rapide revient à préparer une défaite, partir lentement pour accélérer est une perte de temps dans une épreuve de sprint. D'après MOREHOUSE (1974) toute accélération (sporadique) pendant une course est un gaspillage d'énergie car occasionnant un afflux brutal d'ions acides musculaires avec ses conséquences désastreuses sur le muscle.

Il faut donc partir sans brutalité et ne plus chercher qu'à entretenir cette vitesse sans se contracter, ni chercher à accélérer à la fin du parcours.

Si Morehouse (1974) préconise que le 400m soit couru à une vitesse réduite de 14% de la vitesse maximale, nous nous contenterons de proposer de tenir compte de ses qualités d'endurance anérobique lactique et alactique pour répartir ses efforts.

Dans cette logique, nous pouvons proposer pour les athlètes qui ont une très bonne base d'endurance anérobique lactique de passer au 200 m avec une vitesse de réserve d'une seconde et essayer de maintenir le plus longtemps possible cette allure qui va forcément baisser. Par contre, les athlètes qui n'ont pas développé cette qualité d'endurance anérobique lactique vont devoir passer au 200m avec une vitesse de réserve plus importante entre 1" 5 et 2" 5.

Ceci dit, l'idéal est d'adopter un programme d'entraînement spécifique, bien équilibré et organisé de toutes les qualités requises pour la course afin de parcourir le premier 200 m avec "une petite vitesse de réserve" et de terminer avec un petit différentiel entre la performance au premier 200 m et celle du second.

II - PERSPECTIVES

Notre projet de recherche beaucoup plus ambitieux a été limité d'une part, par le manque de matériel qui nous a poussé à ne pas faire des prélèvements de lactate pour regarder le comportement de nos sujets face à la théorie de L. Messonnier (2000) et d'autre part, par la forte mortalité expérimentale constatée au niveau du 200 m de compétition.

Cependant, il reste toujours d'envisager une étude plus approfondie sur le 400 m en tenant compte de l'étude de la lactatémie mais aussi d'autres paramètres tels que les caractéristiques anthropométriques de chaque athlète, leur niveau de force et aussi la connaissance de l'environnement d'entraînement et de la diététique qui pourront être utiles dans une situation pratique.

BIBLIOGRAPHIE

1 - ADJEODA A. V

Approche de la répartition de l'effort sur le 400 m, Mémoire, INSEP, 1984.

2. ASTRAND P. O. RODAHL K

Précis de physiologie de l'exercice musculaire, traduit de l'anglais au français par Lacour J. R, Masson, 1980.

3 - BLANCHET R.

Le juge arbitre, édité par l'amicale des entraîneurs français d'athlétisme, Masson, 1998.

4 - COSTILL, BELINET, SHARP, FINK, KATZ

Leg muscle Ph following sprint running, medecin and science in sports and exercise, 1983.

5 - DESSON, DRUT, DUBOIS, HEBARD, HUBICHE, LACOUR, MAIGOT

Traité d'athlétisme, les courses, Vigot édition, Paris, 1985.

6 - DIPRAMPERO P.E

Energétique de l'exercice musculaire anaérobie chez l'homme, Congrès groupement latin, Médecine du sport, Nice, 1977, P. 48 - 45.

7 - DUVALLET A.

Métabolisme anaérobie et exercice musculaire, analyse critique de l'hyperlactatémie précoce et du seuil aérobie, Mémoire, 1983.

8- FIDELUS K. KOCJASZ J.

Atlas des exercices physiques, INSEP Publication, 1982.

9 - FLANDROIS R.

Energétique de l'exercice musculaire maximal chez l'homme, J - physiol, Paris 1979, P. 195 - 205.

10- FSA

Annuaire, 1999.

11 - GOLLNIC P.D., ARMSTRONG R.B, SEMBROWICH W.L, SHEPHERD R. E. SALTIN B.

Glycogen in human muscle fibers, J. appl. physiol, 1972.

12- GILLET F., GENET J.

Atmosphère et médecine du sport, Masson, Paris, 1979.

13- HARALAMBIE G.

Activités des enzymes du métabolisme du lactate dans le muscle squelettique de l'homme normal et entraîné, Congrès groupement latin, Médecine du sport, Nice, 1977, P. 30-32.

- 1 - ADJEODA A. V
Approche de la répartition de l'effort sur le 400 m, Mémoire, INSEP, 1984.
2. ASTRAND P. O. RODAHL K
Précis de physiologie de l'exercice musculaire, traduit de l'anglais au français par Lacour J. R, Masson, 1980.
- 3 - BLANCHET R.
Le juge arbitre, édité par l'amicale des entraîneurs français d'athlétisme, Masson, 1998.
- 4 - COSTILL, BELINET, SHARP, FINK, KATZ
Leg muscle Ph following sprint running, medecin and science in sports and exercise, 1983.
- 5 - DESSON, DRUT, DUBOIS, HEBARD, HUBICHE, LACOUR, MAIGOT
Traité d'athlétisme, les courses, Vigot édition, Paris, 1985.
- 6 - DIPRAMPERO P.E
Energétique de l'exercice musculaire anérobie chez l'homme, Congrès groupement latin, Médecine du sport, Nice, 1977, P. 48 - 45.
- 7 - DUVALLET A.
Métabolisme anaérobie et exercice musculaire, analyse critique de l'hyperlactatémie précoce et du seuil aérobie, Mémoire, 1983.
- 8- FIDELUS K. KOCJASZ J.
Atlas des exercices physiques, INSEP Publication, 1982.
- 9 - FLANDROIS R.
Energétique de l'exercice musculaire maximal chez l'homme, J - physiol, Paris 1979, P. 195 - 205.
- 10- FSA
Annuaire, 1999.
- 11 - GOLLNIC P.D., ARMSTRONG R.B, SEMBROWICH W.L, SHEPHERD R. E. SALTIN B.
Glycogen in human muscle fibers. J. appl. physiol, 1972.
- 12- GUILLET R., GENETY J.
Abrégé de médecine du sport, Masson, Paris, 1979.
- 13- HARALAMBIE G.
Activités des enzymes du métabolisme du lactate dans le muscle squelettique de l'homme normal et entraîné, Congrès groupement latin, Médecine du sport, Nice, 1977, P. 30-32.

- 14- HAUTIER C.,
Signification du lactate, in sport et vie N° 61, Juillet-Août 2000.
- 15- HERMANSEN L.
Facteurs limitants intervenant au cours de l'exercice maximal de durée brève, colloque de Saint-Etienne, 1977.
- 16- HERMANSEN L.
Effet de l'acidose sur la performance du muscle squelettique pendant l'exercice maximal chez l'homme, Traduction d'anglais par Marconnet, compte rendu du colloque international de Nice, 1978
- 17- HULTMAN E. SAHLIN K
Lactate content and PH in muscle obtained after dynamic exercise, 8 fihegers arch, 3677 (2), Dec 1976.
- 18- IMHOF U., WIRZ H.J, SCHIESS H.
Influence de l'acidose due à un effort corporel sur la psychomotricité, congrès groupement latin, Médecin du sport, 1977, P. 14 -18.
- 19- KARISSON J. HERMANSEN L/, AGNEUK G. SALTIN B.
L'étude physiologique de la course à pied, A.E.FA, 1972, P. 23-40.
- 20- KEUL J. KINDERMAN W., SIMON G.
La transition anaérobie lors de la pratique de certains sports, traduit de l'anglais par Marconnet et Lacour, compte rendu du colloque international de Nice, 1978.
- 21- KOSZEWSKI D., MÜLLER H.
Biomechanical research project, Athènes 1997, final report, ed G.P. Brüggemann, Meyer and Meyer sport, IAAF, 1997.
- 22- LACOUR J.R
Biologie de l'exercice musculaire, Masson, 1992.
- 23- LACOUR J.R., FLANDROIS R.
Rôle of aerobic metaolism in prolonged intensive exercise, journal de physiologie 73, 1977. P. 73, 22-130.
- 24- LE GROS L
La biochimie au service du sprinter. communiqué scientifique de la Biologique et (88), 1979. P 190 - 213.
- 25- MATVEIEV L.P
Aspects fondamentaux de l'entraînement, traduction de l'édition soviétique en langue anglaise par D. et Lacour J.R, texte relu par Mannot, J.P. pour la terminologie française, édition vigot, 1983.

- 14- HAUTIER C.,
Signification du lactate, in sport et vie N° 61, Juillet-Août 2000.
- 15- HERMANSEN L.
Facteurs limitants intervenant au cours de l'exercice maximal de durée brève, colloque de Saint-Etienne, 1977.
- 16- HERMANSEN L.
Effet de l'acidose sur la performance du muscle squelettique pendant l'exercice maximal chez l'homme, Traduction d'anglais par Marconnet, compte rendu du colloque international de Nice, 1978
- 17- HULTMAN E. SAHLIN K
Lactate content and PH in muscle obtained after dynamic exercise, 8 fihegers arch, 3677 (2), Dec 1976.
- 18- IMHOF U., WIRZ H.J, SCHIESS H.
Influence de l'acidose due à un effort corporel sur la psychomotricité, congrès groupement latin, Médecin du sport, 1977, P. 14 -18.
- 19- KARISSON J. HERMANSEN L/, AGNEUK G. SALTIN B.
L'étude physiologique de la course à pied, A.E.FA, 1972, P. 23-40.
- 20- KEUL J. KINDERMAN W., SIMON G.
La transition anaérobie lors de la pratique de certains sports, traduit de l'anglais par Marconnet et Lacour, compte rendu du colloque international de Nice, 1978.
- 21- KOSZEWSKI D., MÜLLER H.
Biomechanical research project, Athènes 1997, final report, ed G.P. Brüggemann, Meyer and Meyer sport, IAAF, 1997.
- 22- LACOUR J.R
Biologie de l'exercice musculaire, Masson, 1992.
- 23- LACOUR J.R., FLANDROIS R.
Rôle of aerobic metaolism in prolonged intensive exercise, journal de physiologie 73, 1977. P. 73, 22-130.
- 24- LE GROS L
La biochimie au service du sprinter, communauté culturelle française de Belgique. n° 4 (28), 1979, P 190 - 213.
- 25- MATVEIEV L.P
Aspects fondamentaux de l'entraînement, traduction de l'édition soviétique en langue anglaise par D. et Lacour J.R, texte relu par Mannot, J.P. pour la terminologie française, édition vigot, 1983.

- 26- MESSONNIER L.
Signification du lactate, in sport et vie n° 61, juillet-août 2000.
- 27- MEYER G.
L'athlétisme, les éditions de la table ronde, 1980
- 28- MOREHOUSE L.E., MILLER J.A
Physiologie de l'effort, traduit de la 6^e édition américaine par P. Flandrois, Maloine S.A. Editeur, 1974
- 29- NEUHOFF C.
Développement de la puissance anaérobie dans le 400 m, traduction INSEP n° 328
- 30 NEWSHOLME
Metabolic control and its importance in sprinting and endurance running, medecine sport science, 1984.
- 31 OSNES, BJORN, HERMANSEN L.
Acide - base balance after maximal exercise
- 32- PARIENTE R,
La fabuleuse histoire de l'athlétisme, édition la Martinière, 1995.
- 33- PHELION J. E.
Traitement statistique des données, édition économie, 1978.
- 34- PHILIPS D., GOLLNIC, HERMANSEN L.
Biochemical adaptations to exercise : Anaerobic-Metabolisme, Jack H. Wilmore, Ph. D, FLSM, 1973.
- 35- PREPARATION DU BREVET D'ETAT
2^e degré, Dossier de l'éducateur sportif, Edition revue EPS, 1982.
- 36- REGA C.
Les effets physiques et physiologiques de l'entraînement en moyenne altitude chez le coureur de 400 m, Mémoire INSEP.
- 37- STEPHAN H.
Abord et perspective du 400 m Haie féminin, l'entraînement de REGA C; en 1982, Revue E.P.S n° 179. Janvier-février 1983. P. 4 - 9
- 38 - VANDER A.T., SHERMAN J.H., LUCIANO D.S
Physiologie humaine, MC GRAUW Hill, Editeurs, 1977.

ANNEXES

ANNEXE 1 : PRESENTATION DES TABLEAUX

SUJETS	AGE (ans)	POIDS (kg)	TAILLE (m)
1	15	69	1,83
2	20	65	1,76
3	20	72	1,81
4	23	65	1,86
5	20	65	1,65
6	24	67	1,75
7	23	83	1,80
8	18	65	1,76
9	25	64	1,82
10	26	72	1,82
11	18	70	1,80
12	23	79	1,98
13	22	68	1,82
14	20	60	1,70
15	19	67	1,76
16	24	70	1,85
17	25	69	1,78
18	26	66	1,78
19	18	65	1,76
20	27	70	1,83
21	20	73	1,78
22	22	71	1,80
23	25	78	1,85
24	25	73	1,74
25	23	77	1,87
MOYENNE	22,040	69,720	1,798
ECART-TYPE	3,102	5,358	0,063

Tableau n° 1 : Données anthropométriques des sujets (n = 25)

SUJETS	Y	Y'	Y - Y'
1	51" 3	50" 6	0" 7
2	51" 7	51" 0	0" 7
3	51" 9	48" 9	2" 0
4	52" 3	51" 9	0" 2
5	52" 2	0" 3	0" 3
6	51" 7	50" 2	1" 5
7	49" 8	48" 9	0" 9
8	51" 4	51" 4	0" 0
9	52" 5	50" 1	2" 4
10	50" 1	50" 1	0" 0
11	50" 3	49" 6	0" 7
12	50" 6	52" 2	1" 6
13	52" 7	50" 0	2" 7
14	51" 5	51" 5	0" 0
15	51" 3	51" 2	0" 1
16	52" 8	52" 3	0" 5
17	52" 6	52" 0	0" 6
18	51" 6	51" 0	0" 6
19	52" 8	51" 6	1" 2
20	49" 3	49" 3	0" 0
21	50" 7	48" 7	2"
22	49" 5	48" 6	1" 1
23	46" 7	44" 8	1" 9
24	50" 7	48" 8	1" 9
25	50" 3	50" 3	0" 0
MOYENNE	51" 13	50" 28	0" 85
ECART-TYPE	1" 40	1" 66	1" 04

Y = Performance du 400 m expérimental

Y' = Meilleure performance au 400 m

Tableau n° 2 : Comparaison entre le 400 m expérimental et la meilleure performance au 400 m des sujets (n = 25)

SUJETS	Y	X ₁	X ₂	X ₁ /X ₂	X ₂ - X ₁	CX ₁	CX ₂	CY
1	51" 3	23" 4	27" 9	0,839	4" 5	6	20	12
2	51" 7	23" 6	28" 1	0,840	4" 5	7	22	17
3	51" 9	24" 1	27" 8	0,867	3" 7	12	17	19
4	52" 3	26" 8	27" 5	1,051	-1" 3	25	3	20
5	52" 2	24"	27" 2	0,882	3" 2	11	15	11
6	51" 7	24" 6	28" 6	0,860	4" 0	3	23	17
7	49" 8	23" 1	26" 7	0,865	3" 6	3	12	4
8	51" 4	23" 6	27" 8	0,849	4" 2	7	17	14
9	52" 5	24" 6	27" 9	0,882	3" 3	17	20	21
10	50" 1	25" 3	24" 8	1,020	-0" 5	22	2	51
11	50" 3	24" 5	25" 9	0,950	1" 3	16	4	6
12	50" 6	24" 7	25" 9	0,954	1" 2	19	5	8
13	52" 7	23" 9	28" 9	0,830	4" 9	10	25	23
14	51" 5	24" 8	26" 7	0,929	1" 9	20	12	15
15	51" 3	25" 3	26"	0,973	0" 7	24	7	12
16	52" 8	25	27" 8	0,900	2" 8	21	17	24
17	52" 6	25" 4	27" 2	0,934	1" 8	25	15	22
18	51" 6	25" 3	26" 3	0,962	1"	22	9	16
19	52" 8	24" 2	28" 6	0,846	4" 4	13	23	24
20	49" 3	22" 7	26" 6	0,853	3" 9	2	11	2
21	50" 7	24" 2	26" 5	0,913	2" 3	13	10	9
22	49" 5	23" 3	26" 2	0,890	2" 9	5	8	3
23	46" 7	22" 5	24" 2	0,930	1" 7	1	1	1
24	50" 7	23" 7	27"	0,878	3" 3	9	14	9
25	50" 3	24" 4	25" 9	0,942	1" 5	15	5	6
MOYENNE	51" 13	24" 28	27" 87	0,907	2" 60			
ECART TYPE	1" 40	0" 97	1" 20	0,057	1" 63			

Y = Performance du 400 m expérimental

X₁ = Temps du premier 200 m

X₂ = Temps du second 200 m

X₃ = Temps au 400 m Max

CX₁ = Classement au passage du 200m dans le 400m

CX₂ = Classement dans le deuxième 200 m

CY = Classement à l'arrivée du 400m

Tableau N°3 : Performances réalisées par les sujets de l'expérimentation (n = 25)

SUJET	Y	X ₁	X ₂	X ₂	X ₃ /X ₁	X ₃ /X ₂	X ₁ /X ₂	X ₁ -X ₃	X ₂ - X ₁
1	51" 3	23" 4	27" 9	23" 2	0,991	0,832	0,839	0" 2	4" 5
2	51" 7	23" 6	28" 1	22" 7	0,962	0,808	0,840	0" 9	4" 5
4	52" 3	26" 8	25" 5	23" 7	0,884	0,930	1,051	3" 1	-1" 3
5	52" 2	24" 0	27" 2	22" 5	0,938	0,827	0,882	1" 5	3" 2
7	49" 8	23" 1	24" 7	21" 9	0,948	0,820	0,865	2" 2	3" 6
8	51" 4	23" 6	27" 8	22" 8	0,966	0,820	0,849	0" 8	4" 2
10	50" 1	25" 3	24" 8	21" 8	0,862	0,880	1,020	3" 5	-0" 5
11	50" 3	24" 5	25" 8	22" 5	0,918	0,872	0,950	2" 0	1" 3
12	52" 7	24" 7	25" 9	22" 6	0,915	0,873	0,954	2" 1	1" 2
14	51" 5	24" 8	26" 7	22" 9	0,923	0,858	0,929	1" 9	1" 9
19	52" 8	24" 2	28" 6	23" 5	0,971	0,822	0,846	0" 7	4" 4
20	49" 3	22" 7	26" 6	21" 9	0,965	0,823	0,853	0" 8	3" 9
22	49" 5	23" 3	26" 2	22" 1	0,948	0,844	0,890	1" 2	2" 9
23	46" 7	22" 5	24" 2	20" 7	0,921	0,856	0,930	1" 8	1" 7
24	50" 7	23" 7	27	21" 7	0,916	0,804	0,878	2" 0	3" 3
MOYENNE	50" 82	24" 01	26" 60	22" 44	0,935	0,845	0,905	1" 65	2" 59
ECART TYPE	1" 61	1" 10	1" 24	0" 77	0,035	0,034	0,066	0" 91	1" 82

Y = Performance du 400 m expérimental
X₁ = Temps du premier 200 m
X₂ = Temps du second 200 m
X₃ = Temps au 200 m de compétition

Tableau N °4 : Performances réalisées par les sujets ayant fait le 200 m de compétition
(n = 15)

SUJET	Y	X1	X2	X ₁ /X ₂	X ₂ - X ₁	CX ₁	CY ₂	CY
1	44"12	21" 47	22" 48	0,955	1" 01	6	1	1
2	44"37	21" 33	22" 82	0,935	1" 49	3	4	2
3	44"39	21" 47	22" 76	0,943	1" 29	6	3	3
4	44"47	21" 33	22" 90	0,931	1" 58	3	5	4
5	44"51	21" 33	23" 00	0,927	1" 68	3	6	5
6	44"59	20" 84	23" 52	0,886	2" 69	1	7	6
7	44"57	21" 72	22" 58	0,962	0" 86	8	2	7
8	45"22	21" 16	23" 90	0,885	2" 74	2	8	8
MOYENNE	44"52	21" 33	23" 00	0,928	1" 67			
ECART TYPE	0" 32	0" 26	0" 48	0,531	0" 70			

Y = Performance du 400 m expérimental

X₁ = Temps du premier 200 m

X₂ = Temps du second 200 m

CX₁ = Classement au premier 200 m

CX₂ = Classement au second 200 m

CY = Classement au 400 m

Tableau N °5 : Performances réalisées par les finalistes des championnats du monde d'Athènes (400 m Hommes) (n = 8)

ANNEXE 2 : ENTRAINEMENT (DEVELOPPEMENT DES POTENTIELS PHYSIQUES)

Il ne suffira pas seulement de ses dons individuels à l'athlète pour qu'il puisse réaliser de meilleures performances sportives. Pour mieux exploiter ses potentialités et parvenir à de bons résultats sportifs, l'athlète doit développer ses qualités innées.

En effet, les progrès considérables qu'on enregistre dans les performances de certaines disciplines sportives, tel l'athlétisme, témoignent bien de la grande importance accordée à l'entraînement sportif.

Aujourd'hui l'entraînement sportif est un entraînement beaucoup plus scientifique, qui doit pouvoir être un facteur de création de meilleurs changements fonctionnels et morphologiques de l'organisme. Les meilleurs changements passent avant tout par le développement de la puissance et de la capacité des systèmes bioénergétiques. Cela demande un entraînement efficace.

L'efficacité de l'entraînement va dépendre de son organisation, de son contenu, des conditions matérielles et techniques.

I - LES PARAMETRES DE L'ENTRAINEMENT

L'objectif de l'entraînement est d'améliorer les qualités physiques et morales du sportif en vue d'une meilleure performance. Pour arriver à cet objectif, l'entraînement doit respecter les charges de travail (intensité et volume), la récupération entre les intervalles de travail ; repos indispensable, qui doit permettre la reconstitution et la progression de la capacité de performance.

La fixation des charges dans le développement des qualités liées à la bioénergétique (vitesse, résistance, endurance) doit tenir compte de la dynamique des processus énergétiques de l'organisme. Tel que Howald l'a montré en 1974, on peut figurer que chaque système énergétique est caractérisé par une puissance et une capacité. Entre l'intensité et le volume, il doit exister une relation telle que l'augmentation de l'une entraîne une stabilisation voire une diminution de l'autre au-delà d'une certaine limite.

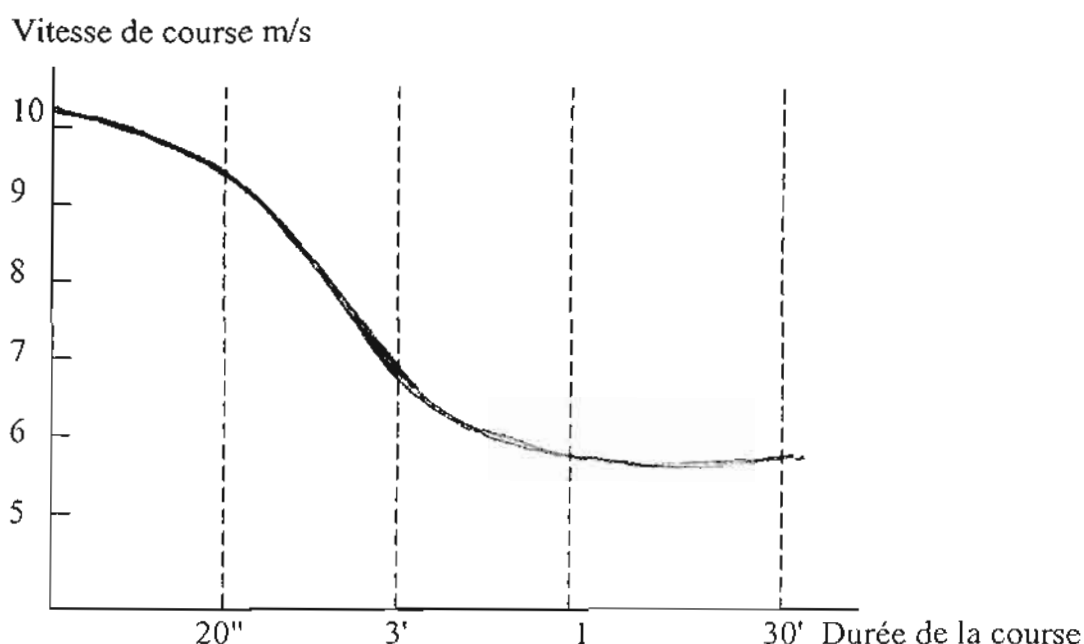


Figure 1 : Corrélation entre le volume et l'intensité dans les exercices individuels :

- Relation établie selon des données des records du monde de course
- Les lignes discontinues correspondent aux zones physiologiques de travail à puissance relative.

D'après L.P. Matveiev (1983). D'une façon générale, la durée d'un exercice doit être moins longue si l'intensité de cet exercice est importante. Une fois que l'on veut maintenir longtemps un effort, il faut nécessairement que l'intensité de cet effort soit modérée ou faible.

A cet effet on a défini des zones d'intensité qui peuvent être maintenues pendant certaines durées maximales d'effort selon Stephan H. 1983.

- intensité maximale : durée maximale de travail 20 secondes
- intensité submaximale : durée maximale de travail 20 s à 5 min
- intensité élevée : durée maximale de travail 5 min à 30 min
- intensité modérée : durée maximale de travail plus de 30 min.

La continuité du processus d'entraînement sera garantie, non seulement par le respect des charges mais aussi par le respect des intervalles de repos (Matveiev 1983). L'efficacité de l'entraînement, qui se traduira par une progression dans les résultats : aussi bien à l'entraînement que dans les compétitions. C'émanera d'une meilleure exploitation des phénomènes de la récupération.

Après un effort, il se produit au sein de l'organisme une augmentation du potentiel énergétique. C'est une conséquence de l'effet de la charge. La capacité de l'organisme rétablit ses possibilités fonctionnelles à un niveau qui peut surpasser le niveau initial : c'est la surcompensation.

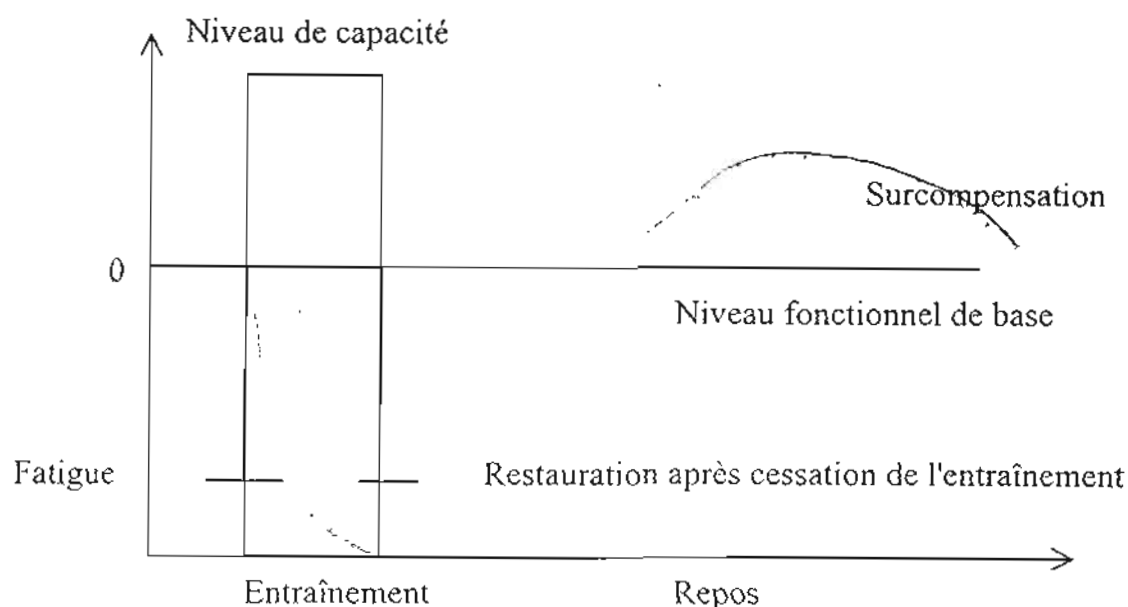


Figure 2 : phénomène de surcompensation (récupération complète)

Ce potentiel énergétique peut rester à un niveau inférieur au niveau initial. La surcompensation peut durer un à plusieurs jours voire des semaines lors des sommations d'entraînement. Tout dépendra de l'entraînement des charges. L'essentiel serait de trouver un repos optimal et qui permettra de restaurer la capacité de travail après les charges et qui favorisera l'optimisation de l'effet de la charge.

On distinguera les repos entre efforts au cours d'une séance et les repos entre les séances. Il sera habituellement court et actif entre les efforts courts ; long et passif entre les efforts longs et les séries. Certains temps de repos entre effort ont été étudiés et proposés. Ils devraient être des durées maximum de surcompensation.

COURSE SUR PLACE	
Efforts (s)	Ts (min)
5	4.5
10	5.2
15	8.4
20	14.7

Tableau 1 : Valeurs moyennes de durée maximum de la phase de surcompensation (Ts)

D'après Fidelus K. Wita (1982) Pawlikaniec A
cf : Atlas des exercices physiques

Entre les séances, le temps de repos doit être suffisant pour permettre de nouvelles introductions de charges. L'insuffisance des temps de repos entre les séances peut entraîner un épuisement chronique qui sera le "sur-entraînement", alors que l'insuffisance d'entraînement peut se traduire par le "désentraînement" lorsque les repos sont trop longs.

C'est de la juxtaposition judicieuse de l'intensité du volume et de la récupération que l'entraînement du 400 m sera fait d'un cycle à l'autre, d'une période à l'autre et d'une saison à l'autre.

II- LE DEVELOPPEMENT DU SYSTEME ANAEROBIE ALACTIQUE

L'évolution des performances au 400m permet de constater qu'une bonne qualité de vitesse est indispensable pour courir le 400m. La vitesse doit faire l'objet d'un entraînement spécifique chez le coureur de 400m. La vitesse chez le coureur à pied est un phénomène complexe. Elle n'est pas seulement fonction des paramètres neuro-musculaires, mais elle dépend aussi des qualités bioénergétiques de l'athlète. L'objectif de l'entraînement de la vitesse (du coureur de 400m) doit être le développement harmonieux de tous éléments dont dépend la vitesse.

A- Les paramètres de la vitesse et leur perfectionnement

Le perfectionnement de la vitesse revient à l'amélioration de la vitesse de réaction au développement de la vitesse de mouvement ou vitesse gestuelle, et au développement des qualités de l'endurance de vitesse.

A1) La vitesse de réaction

Elle est liée aux qualités nerveuses et musculaires. Elle dépend des qualités de concentration, d'attention visuelle et auditive de l'athlète.

Chez les athlètes de haut niveau, le temps de réaction aux signaux sonores est de 0,05s à 0,10s; tandis qu'il est de 0,10s à 0,20s aux signaux lumineux.

Le développement très significatif de la vitesse de réaction est encore incertain son perfectionnement dépendra de l'importance qui lui sera accordée dans la phase de spécialisation dans la discipline un long travail de plusieurs périodes peut faire gagner 0,10s à 0,15s l'entraînement spécifique de vitesse de réaction se basera sur le travail de réaction à un signal. Le travail classique consiste à effectuer des départs en starting block aux différents signaux (vocal au coup de pistolet, au coup de claquoir...); ce travail doit être effectué dans une ambiance parfaite qui permettra à l'athlète d'avoir de meilleurs concentration et de sentir le geste technique de placement et de sortie de starting block.

Un départ haut, c'est-à-dire dans un placement de bassin haut dans le block position "prêt", est souhaité.

Le mouvement de sortie du block sera un mouvement de poussée complète sur la jambe avant et vers le haut, suivie d'une légère ouverture de la jambe sur la cuisse, puis d'une action de l'ensemble cuisse-jambe-pied de l'avant vers l'arrière.

L'action des bras doit être énergique. On insiste sur une action du genou libre vers l'avant et vers le haut, suivie d'une légère ouverture de jambe sur la cuisse, puis d'une action de l'ensemble cuisse-jambe-pied de l'avant vers l'arrière.

Un départ en puissance est conseillé au coureur de 400m afin d'éviter un gaspillage trop important d'énergie provoqué par un départ vitesse. Le redressement du tronc ne devrait pas être brusque mais progressif.

En virage, le starting block se placera dans le prolongement d'une ligne imaginaire tangentielle à la ligne intérieure du couloir, afin d'éviter une éventuelle mauvaise attaque du virage. L'écart entre les blocks sera fonction de la morphologie de l'athlète; cet écart doit être le moins court possible pour éviter un départ trop en vitesse et surtout pour permettre d'obtenir une ouverture favorable de l'angle "cuisse-jambe" qui facilitera une bonne montée du bassin. On ne doit pas cependant s'empêcher de travailler de temps en temps le départ en vitesse.

Les séances de départ se feront soit en ligne droite soit en virage, sur près de 20 à 40m voire 50m en virage. Un minimum de 6 à 8 départs peut se faire au cours d'une séance.

A.2) La vitesse de mouvement

Ainsi appelée vitesse gestuelle ou vitesse de déplacement, la vitesse de mouvement est caractérisée par deux phases :

- a. Une phase de mise en action ou d'accélération de la vitesse.
- b. Une phase de stabilisation de la vitesse maximale.

a°) La phase de mise en action ou d'accélération de la vitesse

Elle conduira l'athlète à la vitesse optimum. elle doit permettre une bonne liaison entre la vitesse de réaction et la stabilisation de la vitesse.

Cette phase d'accélération de vitesse qui peut durer 3" à 4" voire 6" est liée, biomécaniquement, à la mise en jeu des muscles moteurs de la course dont, principalement, le quadriceps.

L'efficacité de la mise en action dépendra du geste technique de sortie de block et du bon placement segmentaire dans les premiers appuis.

En effet l'axe de poussée (ligne fictive passant par le pied d'appui et le bassin lors de l'extension de la jambe sur le block avant) à une inclinaison plus ou moins importante. Cette inclinaison sera déterminée en grande partie par la position adoptée dans les starting Block au commandement "prêt".

L'entraînement de l'accélération de la vitesse s'effectuera globalement sur des distances de 20 à 40m ; l'athlète recherchera, techniquement, un redressement progressif du tronc. Cet entraînement de mise en action peut parfois, faire l'objet d'un travail d'ensemble avec la vitesse de réaction.

B- La phase de stabilisation de vitesse maximum

Elle est caractérisée par le maintien de la vitesse maximum acquise et peut durer 5"à 6" et atteindre parfois 7" à 10" voire même un peu plus, suivant le niveau d'entraînement de l'athlète.

Leur développement, qui traduira donc l'amélioration de vitesse, sera lié au développement des qualités bioénergétiques (en particulier la puissance et la capacité du système anaérobie alactique) et des qualités de force musculaires de l'athlète.

Le développement des qualités bioénergétiques s'appuiera surtout sur des exercices course à vitesse maximale ou presque maximale sur de courtes distances de façon à ne stimuler (au maximum) que le système anaérobie alactique. Le développement des qualités de forces musculaires dont dépend cette stabilisation de vitesse maximum, concernera les forces des muscles moteurs dans la course, dont principalement le triceps sural. Ce développement des forces des muscles moteurs sera inclus dans l'entraînement de la force.

D'une façon classique, l'entraînement de la vitesse maximale stabilisée peut se faire sous forme de vitesse lancée ou d'accélération progressive. L'athlète pourra se lancer sur une trentaine de mètres pour atteindre sa vitesse maximum qu'il recherchera à maintenir sur 30 m à 40 m voire 50 m.

Les séances de vitesse de mouvement pourront donc globalement se baser sur des courses effectuées sur 30 m, 40 m, 60 m à vitesse maximum. Ces séances seront constituées de 2 à 5 séries entrecoupées de pauses suffisantes. Toutefois on pourra de temps en temps revenir sur le travail spécifique soit de la mise en action, soit de la stabilisation de la vitesse maximum, dès que l'un de ces éléments arrive à manquer à l'athlète.

Au delà des 60 m, c'est-à-dire près des 7 secondes et un peu plus, la vitesse maximale de course, non seulement n'augmente plus, mais se stabilise et commence même à baisser. La capacité de maintenir cette vitesse maximale de course, ou d'éviter sa chute précoce, est liée aux qualités "d'endurance de vitesse" de l'athlète. Ces qualités sont fonction de la capacité alactique de l'athlète.

L'amélioration de la capacité alactique sera caractérisée par le développement des réserves de phosphagène musculaire.

Pour certains auteurs comme Le Gros Luc 1979, Flandrois L. 1979, l'augmentation des réserves de phospho-créatine ne paraît pas évidente. Toutefois il est possible d'améliorer le pourcentage d'utilisation de cette phospho-créatine ; cela par des efforts intenses et brefs de 7" à 10" voire 20".

Ainsi, l'entraînement classique de "l'endurance de vitesse" consistera à effectuer des efforts courts sur 60 m à 80 m à vitesse presque maximale avec des temps de récupération longs (8' à 15'). La séance sera faite de 2 à 3 séries suivant les distances d'entraînement.

Le travail technique de course ne doit pas être ignoré dans le développement de la vitesse, car une bonne maîtrise du geste technique permet l'économie de la dépense énergétique et l'efficacité des mouvements de course dont on a besoin en course de vitesse.

Dans les séances de vitesse, par exemple le travail technique de course peut précéder la séance proprement dite. Il serait fait essentiellement des éducatifs de course. Par exemple des démarrages progressifs en montée de genoux véloces enchaînés en accélération ; ou des démarrages en amplitude (en puissance) enchaînés en accélération progressive.

Tableau récapitulatif des procédés d'entraînement de la vitesse : développement du système anaérobie alactique

	PUISSANCE	CAPACITE
Eléments physiologiques développés	Augmentation du taux d'ATP et enzymes : M.K ; AT Pase ; C.P.K	Augmentation du taux de créatine phosphate et amélioration du pourcentage d'utilisation de la C.P
Durée	4" à 6" voire 7	7" à 15" voire 20"
Distance	30 m ; 40 m 50 m ; 60 m	Si durée < 10' Si durée > 10" 60m à 80 m 100 m à 150 m
Intensité	Maximale	Maximale Proche du maximal
Nombre de répétitions	2 à 4	4 à 5 4 à 6
Nombre de séries	2 à 5	2 à 3 1 à 2
Récupération	Marche sur distance entre répétitions Passive entre série 3 min à 6 min	Compte : marche entre Longue et Passive Répétitions 8' à 10' Passive entre série 5 min à 6 min
Volume de la séance	240 m à 600 m	600 m à 900 m 600 m à 1000 m
Ancienne terminologie	Vitesse	Endurance de vitesse
Nouvelle terminologie	Puissance alactique	Capacité alactique

III- DEVELOPPEMENT DE LA FORCE

La force est représentée en dynamique par la relation $F = M.r$ c'est-à-dire le produit de la masse par l'accélération du mouvement. En sport, c'est une qualité musculaire qui peut permettre à l'athlète de vaincre une résistance extérieure.

En course une bonne qualité de force déterminera la qualité de l'impulsion dont dépendra l'amplitude des foulées, et sera un facteur essentiel de la vitesse de déplacement.

On sait que la vitesse est le produit de la fréquence du mouvement par l'amplitude de la foulée $V = F.A$ (vitesse = Fréquence x l'Amplitude). La variation de la fréquence des foulées entraînera la modification de la vitesse de course. Généralement en sprint, lorsque la vitesse diminue sur la fin de course, la baisse de la fréquence est inéluctable. raison pour laquelle on ne peut essentiellement beaucoup, jouer que sur l'amplitude des foulées pour maintenir éventuellement la vitesse de course.

Cette amplitude de la foulée dépend aussi bien de la longueur des membres inférieurs que de la force d'impulsion de l'athlète. La longueur des membres est un paramètre morphologique qui ne peut faire l'objet de modification par l'entraînement. Donc l'amélioration de l'amplitude par l'entraînement ne peut se porter que sur le développement de la force d'impulsion qui est le facteur "variable" de l'amplitude de la foulée. Cette force impulsive, essentielle donc pour la course de vitesse, sera caractérisée par sa force et sa brièveté. Ainsi, outre le développement des qualités bioénergétiques, celui de la force et de l'association force vitesse entraînera l'amélioration de la vitesse.

Le développement de la force musculaire doit permettre à l'athlète de bénéficier de manière optimale des capacités de l'ensemble de ses muscles mis en jeu pendant l'accomplissement du mouvement spécifique de sa discipline. Le développement de la force du coureur concernera essentiellement celle de ses muscles moteurs : le quadriceps et le triceps sural ; de leurs antagonistes : les ischio-jambiers ; de l'ensemble de ses muscles équilibrateurs (ceux des bras, du tronc, et du bassin). Le coureur de 400 m développera sa force absolue (charge extrême qu'il sera capable de soulever) et surtout sa force "explosive" (force impulsive). Il y arrivera par des exercices de force proprement dits (ils assurent de développement de la force au compte de la masse déplacée : exercices avec charge) ; et par des exercices de vitesse (développement de la force au compte de la rapidité des contractions musculaires : sauts, courses en côtes. . .)

Ces exercices de développement de la force pourront être des exercices dynamiques (ou isotoniques) et / ou des exercices statique (isométriques). Une plus grande place peut être accordée aux exercices dynamiques de par leur plus grande efficacité, par rapport aux exercices statiques, sur l'accroissement de la force du sprinter.

LE TRAVAIL DE LA FORCE ABSOLUE

Il sera caractérisé par des exercices de contraction musculaire contre des résistances maximales ou presque maximales. Les exercices s'effectueront avec des poids représentant 80 - 90% et 95 - 97% de la force maximale de l'athlète. Les exercices types sont des exercices de "squats", de "développé-couché", de "presse oblique "d'arraché"... Ces exercices seront effectués en séries.

Dans l'évolution générale du développement de la force, la progression de la séance doit tendre régulièrement vers un maximum. Pour les exercices de charges additionnelles, une augmentation des charges peut être régulièrement prévue après chaque test qui se fera à la fin du cycle de 3 à 4 semaines. L'augmentation à la fin des charges peut varier entre 2,5 kg et 10 kg suivant l'exercice et le progrès de l'athlète au cours des tests. D'une semaine à l'autre une augmentation progressive se fera dans le nombre des répétitions ou dans les séries.

En début de saison, on introduira des séances d'endurance de force qui consisteront à augmenter le nombre de répétition (5 à 6 ou 10 à 15) selon que la charge représente 80% ou 60% (cycle de développement), on peut aussi prévoir deux séances de musculation par microcycle : une séance de force absolue et une autre séance d'endurance de force.

Pendant la séance de musculation, entre les séries et les répétitions les phases de récupération seront actives ou passives. Elles pourront être occupées par des exercices d'étirement et d'assouplissement et dureront 3 min à 5 min.

LE TRAVAIL DE LA FORCE EXPLOSIVE

Le développement de la force explosive doit prendre une place importante dans l'amélioration de la force du sprinter. Il constituera essentiellement sa musculation spécifique.

Le travail de la force explosive se basera sur :

a) Des exercices dynamiques à régime myométrique (travail en domination de type concentrique) avec des charges légères (20 kg à 50 kg). Les séances peuvent être constituées d'exercices

- de "montée" sur bancs
- de "fentes" (sauts ou marche en fente)
- d'"arraché"
- d'"épaule" etc..

b) Des exercices dynamiques à régime pliométrique récessif ou excentrique (une mise en tension préalable par étirement, ce qui augmente l'efficacité de la contraction musculaire). Les séances peuvent comporter des exercices sans charges :

- de multi-bonds ou de multi sauts
- de bancs (montées et descentes)
- de plinth : plinth-sol-plinth)
- de passage de haies basses (6 à 8 haies) etc.

Les différents exercices de développement de la force explosive peuvent être effectués en 2 à 4 séries de 6 à 10 répétitions.

Pour maintenir un équilibre général musculaire (amélioration de la coordination gestuelle), des séances de préparation physique généralisée compléteront les travaux de musculation. La préparation physique générale peut inclure par exemple :

- 10' à 20' de footing
- montée de genoux (3 à 6 x 30 m)
- médecin-ball
- bondissements divers
- "abdominaux"
- "dorsaux"
- "ischios jambiers" avec sandows
- étirements
- assouplissements, etc.

Au cours des exercices de développement de la force (du coureur) le contrôle permanent du geste technique est nécessaire pour non seulement éviter des blessures musculaires ou articulaires, mais aussi pour que le gain de force se traduise également en gain de vitesse.

IV- DEVELOPPEMENT DU SYSTEME ANAEROBIE LACTIQUE

On sait que le coureur de 400 m doit posséder une bonne qualité de vitesse. Mais il doit être aussi capable, même en état de fatigue de maintenir le plus longtemps possible sa vitesse gestuelle.

Il résistera contre une régression, parfois précoce et très sensible, de sa vitesse gestuelle pendant la course.

C'est cette qualité de pouvoir maintenir longtemps la vitesse qui est encore indispensable pour la course de 400 m. Elle doit faire l'objet d'un développement continu tout au long de la saison, tout comme le développement de la vitesse.

Le travail du système anaérobie lactique est lié aux qualités psychologiques de l'athlète; mais elle dépend aussi et surtout des qualités bioénergétiques.

Il y a lieu de reconnaître que le développement de l'endurance anaérobie lactique doit se caractériser par une amélioration de l'ensemble des systèmes énergétiques qui vont permettre à l'athlète d'éviter une chute précoce et importante de sa vitesse gestuelle.

Déjà au delà des 200 m de course, la fatigue se fait sentir. Soit un peu plus de 20', c'est le système anaérobie lactique qui doit fournir le maximum d'énergie nécessaire.

Donc, si une course dure plus de 20 secondes à une grande vitesse, il faut que l'athlète ait l'énergie nécessaire ; et ce n'est qu'à partir d'une stimulation importante du système enzymatique de la glycolyse qu'il y arrivera. Le développement de la résistance reviendra alors, en partie, à l'amélioration du système enzymatique de la glycolyse.

Même si certains auteurs n'ont pas trouvé de modification significative de certaines enzymes, tel le PFK (phosphofructokinase), entre les sédentaires et les entraînés (Philips 1973) et d'autres ont tout de même constaté une modification de l'activité du PFK et du SDH chez les enfants de 10 à 11 ans (Haralambie G.1977).

La " non- modification" des activités des enzymes anaérobies observés chez certains entraînés serait due au fait que les entraînements ne solliciteraient pas le système anaérobie (Haralambie G. 1977).

Un entraînement qui pourrait permettre une meilleure stimulation du système enzymatique de la glycolyse doit tenir compte du facteur intensité et du facteur temps.

L'intensité d'effort à l'entraînement doit être maximum ou proche du maximum. Une stimulation des enzymes de la glycolyse anaérobie (aérobie lactique) n'est possible que lorsqu'une certaine vitesse de course est atteinte pour empêcher l'acide Pyruvique de passer dans le cycle de krebs (Legros luc 1979)

La durée des efforts oscillera entre 20 secondes et 40 secondes. Les distances favorables varient entre 100 m et 300 m. L'organisation de la séance doit mettre en valeur les qualités de la récupération.

En général pour développer la puissance anaérobie lactique on utilise deux variantes d'entraînement :

Première variante : utilisation de distances courtes avec des temps de récupération courts.

- Distance : entre 100 m et 150 m :durée d'effort inférieur à 20" .
- Vitesse presque maximum
- Récupération : courte entre répétitions.
longue entre séries

Deuxième variante : utilisation de distances longues avec temps de récupération longs.

- Distances : entre 200m et 300m : durée d'effort supérieure à 20"
- Intensité : vitesse proche du maximum du moment ;
- Récupération : passive : 8' à 10'.

Par la stimulation des systèmes enzymatiques de la glycolyse anaérobie, l'athlète peut tirer l'énergie nécessaire pour maintenir plus ou moins longtemps sa vitesse gestuelle. Mais, dans le même temps la production d'acide lactique s'élève. L'acide lactique est un facteur limitant d'effort. Il diminue la capacité des fibres musculaires à développer une tension suffisante. Hermansen (1972).

Ainsi pour lutter contre la chute de vitesse, il faut aussi que l'athlète soit en mesure de supporter le taux d'acide lactique produit.

Par les systèmes tampons, une partie de l'acide lactique sera éliminée par tamponnement.

La faculté de l'organisme de poursuivre l'effort malgré l'effet de l'acide sera l'autre qualité de l'endurance anaérobie lactique que le coureur de 400 m doit développer. Cela se traduira par l'amélioration des systèmes tampons du muscle et du sang c'est le développement de la "capacité lactique". Elle permettra de meilleurs tamponnements locaux des acides produits par la glycolyse et une adaptation fonctionnelle des fibres musculaires.

C'est par des efforts intenses, proches du maximum, de 30 secondes à 1 minute, voire 2 minutes que la capacité lactique sera développée.

L'entraînement classique peut se faire soit des distances allant de 300 m à 600 m les temps de récupération varieront en fonction des distances de travail.

Première variante : Distances courtes avec temps de récupération courtes.

- Distance : 200 m à 300 m
- Intensité : proche du maximum
- Récupération : courte, passive et incomplète entre récupérations.
. longue, passive entre séries.

Deuxième variante : Longues distances avec temps de récupération longues

- Distance : 300m à 600 m
- Intensité : proche du maximum
- Récupération : passive longue

Dans le développement de la résistance, de l'athlète, l'entraînement doit à certaines périodes avoir un caractère spécifique.

La "résistance" spécifique peut être introduite dans les séances, surtout en période de pré - compétition. Elle permettra au coureur de stimuler l'effort de compétition.

Ce genre de séance recherchera l'équilibre entre la qualité et la quantité. Le rythme de course sera proche du rythme de compétition. Des distances de course peuvent varier entre 100 m et 300 m.

Tableau récapitulatif des procédés de développement du système anaérobie lactique

	PUISSANCE		CAPACITE	
Éléments physiologiques développés	Amélioration du système enzymatique de la glycolyse (P.F.K ; L.D.H)		Amélioration des systèmes tampons	
Durée	20" à 40"	Voire 1 min	30" à 1'	Voire 2'
Distance	Si durée < 20 " <u>Courte</u> 100 à 150 m	Si durée > 20" <u>Longue</u> 200 m à 300 m	<u>Courte</u> 200 m à 300 m	<u>Longue</u> 300 m à 600 m
Intensité	Maximale	Proche du maximal	Proche du maximal	Proche du maximal
Nombre de répétitions	3 à 10	3 à 4	2 à 3	3 à 4
Nombre de séries	1 à 3	1	2 à 3	1 à 2
Récupération	<ul style="list-style-type: none"> • marche sur distance entre répétition • longue et passive entre série 10 à 15' 	Longue et passive 15 à 20'	Passive <ul style="list-style-type: none"> • 6' à 8' entre répétition • 15' à 20' entre séries 	Passive <ul style="list-style-type: none"> • 8' à 10' entre répétition • 15' à 20' entre séries
Volume de la séance	600 à 1000 m	800 m à 1000 m	1000 m à 1500 m	1500 m à 2000 m
Ancienne terminologie	Résistance récupération ou résistance spécifique	Résistance intensité Résistance spécifique	Résistance spéciale	Résistance volume
Nouvelle terminologie	Puissance Lactique		Capacité	Lactique

V- DEVELOPPEMENT DU SYSTEME AEROBIE

Par un entraînement complet et efficace du coureur de 400 m le développement de ses qualités d'endurance aérobie s'avère indispensable.

On peut penser que la course de 400 m est totalement effectuée en anaérobie. Toutefois 15 à 20% de l'énergie totale qui sert à courir la distance sont d'origine aérobie. La consommation maximale d'oxygène (VO_2 max) d'un coureur de 400m est de 60 à 70 ml/kg/min. Alors il serait erroné que l'entraînement d'endurance aérobie soit négligé chez le coureur de 400 m.

Pour développer les qualités d'endurance chez un coureur de 400 m l'accent devra être essentiellement mis sur la puissance du système aérobie; c'est-à-dire que les objectifs principaux du travail aérobie doivent être l'augmentation du débit cardiaque maximum, l'amélioration des systèmes enzymatiques oxydatifs (cycle de Krebs) et la meilleure capillarisation.

Pour atteindre ces objectifs, à l'entraînement, l'intensité de travail doit être proche de la puissance maximale de travail doit être proche de la puissance maximale aérobie (PMA), la fréquence cardiaque proche du maximum.

Trois méthodes d'entraînement permettent de développer la puissance aérobie.

1^{ère} Méthode

C'est la méthode de "Lydiard" : on effectue des efforts d'intervalle très court (10"), suivis de 10 secondes de repos.

Le repos sera actif à 50% de la P.M.A cela revient à faire en pratique du "vite-lent-vite": 50m vite + 50m lent.

Le travail peut se faire de manière continue sur près de 3000 m, ou en séries de 3 x 800 m.

2^{ème} Méthode : Méthode de "Van Acken"

On exécute des efforts d'intervalle court de 1 min avec des récupérations actives de 1min.

3^{ème} Méthode : Méthode "d'Astrand"

Les efforts sont effectués sur des intervalles longues de 2min à 3min avec 3min de récupération active.

Dans le cas du coureur de 400m, le procédé long d'Astrand aura peu d'intérêt. Les procédés courts et très courts sont plutôt souhaités, afin de garder la séance plus active.

La part de la capacité du système aérobie dans le développement de l'endurance, n'a pas d'intérêt majeur pour le coureur de 400 m. Elle permettra seulement d'entretenir les facteurs cardio-vasculaires - volume d'éjection systolique (V.E.S) ; augmenter le taux de glycogène musculaire et très pratique.

Le développement de ce facteur (capacité aérobie) de l'endurance est assuré par des exercices de footing de 20 min à 60min, qui occupent une partie de la préparation hivernale. En période de précompétition et de compétition, ces séances deviendront des séances sédatives ou des séances de récupération après une séance d'entraînement très dure.

Tableau récapitulatif des procédés d'entraînement du système aérobie

	PUISSANCE			CAPACITE
Eléments physiologiques développés	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du débit cardiaque maximal • Amélioration des systèmes oxydatifs (cycle de Krebs) • capillarisation 			<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du volume d'éjection systolique (VES) • Augmentation du taux de glycogène musculaire et hépatique • Augmentation enzymatique lypolyse
Durée	10"	1'	3'	20' à 1 heure
Distance	Intervalles très courts 50 m	Intervalles courts 300 m à 400 m	Intervalles longs 500 m à 800	
Intensité	> 100% de la PMA	> 100% de la PMA	90 à 100% de la PMA	50 à 60% de la PMA
Nombre de répétitions		3 à 5	3 à 5	Travail continu
Nombre de séries		2 à 3	1 à 2	
Récupération	<ul style="list-style-type: none"> • Courte et active 10" 	<ul style="list-style-type: none"> • Active entre répétitions • Passive entre séries 5 min 	<ul style="list-style-type: none"> • Active entre répétitions 3' • Active ou passive entre séries 5' - 8' 	
Volume de la séance	2400 m à 3000 m	2400 m à 3000 m	3000 m à 3600m	4000 m à 8000 m
Terminologie ancienne	"vite-lent-vite" méthode de "Ludiard"	Résistance volume Méthode de "Van Acken"	Résistance volume Méthode de "Astrand"	Endurance
Terminologie nouvelle	Puissance maximale aérobie			Capacité aérobie

Afin d'éviter de probables risques de modification de fibres musculaires, dans le sens des fibres lents, un entraînement trop spécifique de la capacité aérobie doit être évité.

Les différents systèmes à développer par l'entraînement et leurs facteurs limitants

SYSTEME A DEVELOPPER		FACTEURS LIMITANTS
ANAEROBIE ALACTIQUE	Puissance	- Taux d'ATP et CP - Activités enzymatique : • A T Piase • Myio Kinase (MK) • Créatine phospho Kinase (CPK)
	Capacité	- Pourcentage d'utilisation de la créatine phosphate (CP) à l'effort maximal
ANAEROBIE LACTIQUE	Puissance	- Activité enzymatiquee : • Phospho fructo kinase (FK) • phosphorylase • Lactate déshydrogène (LDH) - Baisse du rapport $\frac{ATP}{ADP} : \frac{(ATP)}{ADP}$ ↓
	Capacité	- Pouvoir tampon des fibres musculaires et du sang vis-à-vis de l'acide lactique (bicarbonates ; protéine) hémoglobine
AEROBIE	Puissance	- Système de transport d'oxygène (VES, HB) - Capillarisation - activité enzymatique du cycle de Krebs dans la mitochondrie
	Capacité	- Activité enzymatique lipolytique - Thermorégulation, etc...

VI-PROGRAMMATION ANNUELLE DE L'ENTRAÎNEMENT

Les résultats sportifs ne sont généralement que le reflet de l'entraînement sportif. Ce entraînement doit en principe être un processus de travail bien structuré qui pourra conduire l'athlète à ses meilleurs niveaux physiques au cours de la saison sportive. Il doit être un dosage de différentes formes de travail : d'endurance, aérobie et anaérobie et de force... Ces éléments, qui seront déterminés en quantité et en intensité dans l'entraînement, feront l'objet d'une bonne combinaison avec des phases de repos.

La combinaison du volume et de l'intensité du travail au cours de la saison sera caractérisée tout d'abord, par une progression du volume ; puis, suivra celle de l'intensité. Généralement le volume de travail augmente progressivement pour atteindre un optimum en période de préparation et diminue ensuite ; alors que l'intensité augmente progressivement pendant la période de préparation et arrive au maximum en période de pré - compétition.

Une augmentation de l'intensité ne doit se faire que si le volume n'augmente plus ; et une stabilisation voire une diminution du volume sera de temps en temps nécessaire si l'on veut assurer un degré d'intensité suffisante.

Ainsi pour atteindre une progression rapide de la forme physique le volume des charges diminuera en faveur de leur intensité ; car l'intensité est le facteur qui stimule directement la progression des performances d'après Matveiev (1980).

Cette dynamique de volume et de l'intensité de l'entraînement peut être un processus qui s'étale soit sur plusieurs années sportives soit sur une saison sportive. Lorsqu'il s'agit d'obtenir la forme physique pour la saison sportive, il s'avère indispensable de découper la saison en différentes périodes afin que les diverses qualités physiques de l'athlète soient progressivement, globalement et spécifiquement développées. Cette périodisation du processus d'entraînement s'impose, surtout aussi, à cause de l'évolution cyclique de la condition physique.

LA PERIODE ET LE CYCLE

Généralement on distingue 3 périodes dans la saison sportive :

- La période de préparation (ou période de l'entraînement fondamental)
- La période de préparation (au cours de laquelle ont lieu les principales compétitions)
 - La période de transition
 -

Les périodes sont constituées d'un ensemble d'étapes, et ont des objectifs différents mais complémentaires. Ces différentes étapes (cycles) seront de différentes natures ; ainsi peut-on distinguer des cycles :

- de reprise
- de développement
- de pré - compétition
- de régénération

Les cycles mêmes, ne sont que la combinaison de petites phases d'entraînement (des microcycles). Leur structure dépend en partie du contenu spécifique de l'entraînement à telle ou telle phase de la saison.

Généralement ils contiennent 3 à 6 microcycles, souvent de même nature, entrecoupés de temps en temps, de phases de repos relatifs. Les cycles évoluent au cours des processus d'entraînement et durent souvent un mois environ.

LES MICROCYCLES

De nature très variables, ce sont les éléments de base du cycle. Ils constituent l'assemblage des séances d'entraînement qui va permettre l'augmentation ou l'entretien du potentiel.

Ils peuvent être combinés de différentes façons à l'intérieur des cycles et durent généralement une semaine (7 jours). Toutefois ils peuvent être un peu plus courts ou un peu plus longs selon la nature des séances, des cycles, des qualités physiques à développer et selon le temps consacré à l'entraînement (étudiant ou fonctionnaire) et le niveau athlétique atteint.

Les microcycles évoluent donc avec la logique du déroulement du processus d'entraînement et selon les nécessités concrètes de chacune de ses phases.

LA SEANCE

C'est l'élément de base du microcycle et de l'ensemble du processus d'entraînement. Elle est suivie d'une "fatigue" qui est fonction du volume ou de l'intensité de l'entraînement. Dans le microcycle, chaque séance est en liaison avec la précédente et la suivante.

La saison sportive sera ainsi structurée : en périodes, cycles, microcycles et séances. Entre ces éléments du processus d'entraînement, il existera une interaction rationnelle. Les périodes posséderont chacune leurs traits caractéristiques, mais elles resteront bien liées entre elles et seront toujours en évolution continue. Elles conduiront, toutes ensemble, à l'objectif principal de la saison qui sera probablement la réalisation de meilleures performances.

