



CHARGE DU MODULE :

Sifeddine ROUABI

COURS DU MODULE

DEVELOPPEMENT LES QUALITES PHYSIQUES

-
- **Option** : Préparation physique sportif
 - **Destiné aux étudiants** : (1^{ère} année Master).
-

Année universitaire 2025 / 2026

E-mail : sifeddine.rouabi@univ-jijel.dz

AVANT-PROPOS

***L**e développement des qualités physiques constitue un élément fondamental dans le domaine de l'entraînement sportif et de la préparation physique. Il représente la base sur laquelle repose l'amélioration de la performance motrice, la prévention des blessures ainsi que l'optimisation des capacités fonctionnelles de l'athlète. Dans un contexte sportif de plus en plus exigeant, marqué par l'intensification des charges d'entraînement et l'élévation constante du niveau de performance, la maîtrise des qualités physiques apparaît comme une condition indispensable à la réussite sportive durable.*

La force, l'endurance, la vitesse, la souplesse et la coordination constituent les principales composantes des qualités physiques. Leur développement harmonieux conditionne la capacité de l'athlète à s'adapter aux contraintes spécifiques de la discipline pratiquée. L'évolution de ces qualités dépend à la fois de facteurs biologiques tels que l'âge, le sexe et le patrimoine génétique, de facteurs physiologiques liés au fonctionnement des systèmes musculaire, cardiovasculaire, respiratoire et nerveux, ainsi que de facteurs méthodologiques relatifs aux principes d'entraînement, à l'organisation des charges, à la récupération et à la progressivité des stimuli.

L'étude des qualités physiques permet de mieux comprendre les mécanismes d'adaptation de

l'organisme à l'effort, ainsi que les réponses aiguës et chroniques induites par les différentes charges d'entraînement. Chaque qualité physique possède des caractéristiques spécifiques, des modes de développement propres et des interactions étroites avec les systèmes énergétiques et neuromusculaires. Ces interactions déterminent la nature des adaptations physiologiques observées et expliquent les différences de performance constatées entre les disciplines sportives, mais également entre les individus au sein d'une même spécialité.

Ainsi, la maîtrise scientifique des qualités physiques s'avère indispensable pour une planification rationnelle, progressive et individualisée de l'entraînement. Elle permet à l'entraîneur et au préparateur physique d'optimiser les contenus d'entraînement, de mieux contrôler la charge de travail, de prévenir les risques de surentraînement et d'adapter les méthodes aux objectifs poursuivis ainsi qu'au niveau de l'athlète. Dans cette perspective, l'étude du développement des qualités physiques constitue un pilier essentiel de la formation des professionnels des sciences et techniques des activités physiques et sportives, et un levier déterminant pour l'amélioration durable de la performance sportive

CHAPITRE 01

DEVENEZ EXPERT EN PRÉPARATION PHYSIQUE

1-PUZZLE DE LA PERFORMANCE :



D'après M. BOUHHIETE ; 2019

2-CONCEPT DE LA PREPARATION PHYSIQUE :

La préparation physique est l'espace méthodologique qui étaye la dimension spécifique de l'entraînement ; elle est partie intégrante de la préparation sportive.

Ses registres d'intervention s'articulent autour de la dimension TEC-TAC ; Pour contribuer au développement de la capacité de performance du sujet en traitant les moyens physiques nécessaires à sa discipline

Elle concerne l'ensemble des techniques visant à développer et à entretenir les qualités physiques. Elle fait partie d'un système global d'optimisation de la performance sportive.

D'après ; Aubert, Blancon ; 2014

3-LES OBJECTIFS PRINCIPAUX DE LA PREPARATION PHYSIQUE :

- Favoriser le développement physique du sujet dans le respect de l'intégrité multifactoriel.
- Prévenir les blessures.
- Maintenir le niveau physique optimal et donc la performance dans la discipline pratiquée.

4-LES OBJECTIFS PRINCIPAUX DU PRÉPARATEUR PHYSIQUE :

- 1) Avoir une connaissance parfaite des exigences physiques, physiologiques et psycho-physiologiques des exercices et des matchs de compétition.
- 2) Etre capable de développer toutes les qualités physiques, et les qualités physiques spécifiques de la discipline pratiquée d'une façon optimale avec le maintien de la spécificité de cette dernière.
- 3) Optimisation de la récupération.
- 4) Etre en capacité de choisir les meilleurs méthodes et outils pour quantifier les CE prescrites et de mesurer leurs effets sur la capacité de performance des joueurs.
- 5) Etre capable d'analyser un grand nombre de données pour être en mesure d'établir les meilleures stratégies avant entraînement et avant match / compétition.

CHAPITRE 02 :

PRINCIPES L'ENTRAÎNEMENT SPORTIF POUR DEVELOPPER LA CONDITION PHYSIQUE

Les programmes d'entraînement jouent un rôle essentiel dans le domaine de la formation et du développement de la condition physique, puisqu'ils constituent le principal moyen d'améliorer le niveau de performance des athlètes dans les différentes activités sportives. Ainsi, les théories et les méthodes modernes d'entraînement sont devenues un facteur déterminant de la performance sportive, compte tenu des capacités et des potentialités de l'athlète.

L'amélioration du niveau de l'athlète exige plusieurs éléments, notamment une planification rigoureuse et scientifique de l'entraînement des différentes composantes de l'excellence sportive.

Les chercheurs se sont appuyés sur des références scientifiques et des études antérieures, dont la majorité étaient étrangères. À partir de cela, il a été possible d'établir les bases d'un programme d'entraînement adapté à l'échantillon étudié

1. Principe du développement global

La préparation physique vise à assurer un développement général et équilibré des composantes de la structure physique. Ce principe souligne l'importance d'utiliser d'autres exercices physiques issus de différentes disciplines sportives afin de développer les divers aspects de la condition physique. Selon les entraîneurs de gymnastique, les exercices de course, de saut, d'haltérophilie et les jeux contribuent à améliorer la condition physique générale.

2. Principe de la progression

L'adaptation physiologique nécessite une augmentation continue de la charge d'entraînement. Ainsi, la progression s'effectue en fonction de la période nécessaire à l'apparition de l'adaptation. Les recherches scientifiques ont démontré que l'augmentation progressive de la charge d'entraînement présente de nombreux avantages, à condition de maintenir la charge suffisamment longtemps pour permettre l'adaptation. On distingue deux types d'augmentation :

- *une progression par paliers,*
- *une progression par bonds.*

et une période de transition, reprendre un nouveau cycle de préparation générale.

5. Principe d'alternance (travail/repos) et entre groupes musculaires

Ce principe stipule que, pour maintenir son niveau, les séances d'entraînement doivent être régulières. L'alternance permet une récupération active qui aide l'organisme à supporter des charges d'entraînement élevées. La variation régulière des exercices et des activités évite une surcharge sur certaines parties du corps.

6. Principe de l'individualité de l'entraînement

Les individus diffèrent entre eux par leurs caractéristiques anthropométriques et physiologiques. Cela signifie qu'un même programme d'entraînement peut convenir à certains et non à d'autres. Chaque athlète réagit différemment à une même charge de travail. Selon Abou Al-Alaa, tous les sportifs ne peuvent atteindre un même niveau de performance en raison de plusieurs facteurs, notamment génétiques, comme la nature des fibres musculaires. Ainsi, un individu peut progresser selon un certain pourcentage, tandis qu'un autre ne présente pas les mêmes adaptations malgré l'application du même programme.

3. Principe de la spécificité

La meilleure façon de développer les capacités physiques dans un sport donné consiste à s'entraîner selon les méthodes et les contenus propres à ce sport, tout en imitant les schémas moteurs qui lui sont spécifiques. Plus le niveau de performance augmente, plus la spécialisation devient précise. L'utilisation d'exercices spécifiques à la discipline entraîne des adaptations physiologiques particulières. Il existe plusieurs niveaux de spécificité dans l'entraînement.

4. Principe de la continuité

Les processus d'entraînement doivent être continus afin d'obtenir des résultats de haut niveau. C'est pourquoi il est nécessaire d'élaborer des plans saisonniers et de coordonner les charges d'entraînement sans interruption.

L'arrêt de l'entraînement conduit à une stagnation, puis à une diminution progressive du niveau de forme. Ce principe est également connu sous le nom de **principe de la vie sportive**. Pour améliorer la condition physique d'un joueur, il faut, après une saison complète

7. Principe de la succession judicieuse des charges d'entraînement

Ce principe impose une progression logique dans l'apprentissage des contenus et une cohérence dans la planification annuelle. La préparation spécifique d'une discipline ne doit jamais être séparée de la préparation générale. Aucune qualité physique ne peut être développée isolément. Le lien entre les différentes phases de l'entraînement doit être bien structuré : la préparation générale diminue progressivement au fur et à mesure que la préparation spécifique augmente. Dans une même séance, la succession des charges doit aller du **plus élevé au plus faible**.

8. Principe de la variété

Ce principe s'oppose partiellement à celui de la spécificité. Un programme d'entraînement doit être varié afin de maintenir l'intérêt et la motivation des athlètes. La variété peut prendre plusieurs formes : alternance entre difficulté et facilité, diversification des méthodes pour développer les qualités physiques et motrices, ou encore introduction d'activités relaxantes après un travail intense. Lorsque le travail devient monotone,

l'entraîneur doit introduire des changements afin de réduire la charge physique et psychologique liée à un entraînement de haute intensité.

Il a été démontré que la variation des activités favorise la régénération énergétique.

9. Principe de l'évaluation

Les programmes d'entraînement doivent être suivis, contrôlés et évalués. C'est la démarche la plus rigoureuse et la plus précise pour le suivi du processus d'entraînement. L'évaluation permet de déterminer :

- le degré d'adaptation obtenu après un programme,
- la stabilité de ces adaptations,
- et la détection d'un éventuel surentraînement

CHAPITRE 03 :

METHODES DE L'ENTRAÎNEMENT SPORTIF

1. Méthode d'entraînement continu :

La séance d'entraînement continu se caractérise par sa longue durée, avec un travail effectué à environ 70 % de la vitesse aérobie maximale (VAM) pendant une période prolongée. Ce type de travail est progressif et souvent utilisé lors de la reprise (reprise d'entraînement) afin de préparer l'organisme à des exercices de plus grande intensité.

L'intensité de travail correspond approximativement à 130 et 160 battements par minute.

2. Méthode d'entraînement répétitive :

Cette méthode ressemble à la méthode d'entraînement fractionné, dans la mesure où elle alterne les phases de charge et de récupération.

Cependant, elle s'en distingue par l'intensité de l'effort, la durée d'exécution, le nombre de répétitions et le temps de récupération entre celles-ci.

L'intensité dans cette méthode est maximale voire supramaximale (100 % et plus), et le nombre de répétitions dépend des capacités individuelles de l'athlète.

La différence principale entre cette méthode et la méthode fractionnée réside dans le type de récupération : dans la méthode par répétition, la récupération est complète (relativement longue), tandis que dans la méthode fractionnée, elle est incomplète.

Cette méthode vise le développement de la force maximale, de la force explosive ainsi que de la vitesse sous toutes ses formes. En général, de 3 à 6 répétitions par exercice suffisent dans ce type d'entraînement. La durée de la récupération est liée à la durée du stimulus.

3. Méthode d'entraînement fractionné :

C'est une méthode d'alternance entre des périodes d'effort intense et des périodes de récupération, qui peut prendre plusieurs formes, par exemple : un effort physique de 2 minutes suivi d'une récupération de 3 minutes. Cette méthode consiste à répéter un effort physique donné plusieurs fois, en bénéficiant d'une récupération limitée entre les répétitions. Elle se caractérise par une planification rigoureuse du temps de récupération, intégrant un équilibre optimal entre effort et repos. Elle comprend une série de charges d'entraînement séparées par des périodes de repos actives, dont l'intensité se situe autour de 40 à 60 % du VO_2max . On distingue deux formes principales de cette méthode :

Exercices à intervalles extensifs :

Les exercices dont la durée dépasse une minute appartiennent à cette catégorie. L'intensité est généralement située entre 80 à 90% de VAM

Lorsque la durée de l'effort dépasse 10 minutes, les répétitions deviennent rares, car l'objectif est alors la qualité de l'exécution.

Exercices à intervalles intensifs :

Ils concernent les exercices de moins d'une minute. L'intensité y est généralement élevée (entre 90 % et 95 % de la vitesse aérobie maximale). Selon Keul et Reindel (1965), l'effet de cette méthode ne dépend pas uniquement de la répétition de l'effort et des périodes de repos, mais aussi du rapport soigneusement planifié entre la durée des efforts et celle des récupérations, déterminé par l'intensité des exercices réalisés par l'athlète.

4. Méthode d'entraînement en circuit :

Ce type d'entraînement a été créé par Morgan et Adamson à l'Université de Leeds (Royaume-Uni).

Il s'est ensuite développé grâce aux recherches de nombreux scientifiques, notamment Koch et Scholich.

Selon Morgan, cette méthode possède plusieurs caractéristiques distinctives :

Elle vise le développement musculaire et l'amélioration des capacités fonctionnelles ;

Elle permet une application précise du principe de surcharge progressive ;

Elle favorise une économie de temps ; Elle offre une évaluation directe et individuelle du niveau de progression.

Cette méthode est particulièrement utilisée durant la phase de préparation ou lors des périodes où le temps est limité, afin de développer à la fois les qualités physiques et techniques de l'athlète.

5. Méthode d'entraînement par le jeu :

Selon Mahmoud Al-Heila, la méthode du jeu fait partie des approches pédagogiques qui visent à impliquer activement et concrètement les sportifs dans le processus d'entraînement, afin d'atteindre les objectifs fixés.

Cette méthode repose sur l'élément de compétition, encadré par un ensemble de règles établies par l'entraîneur lors de la conception du jeu, ce qui lui confère un impact significatif sur l'apprentissage et la consolidation des habiletés à travers la pratique effective.

D'après Fatima Abdel Malih, il s'agit d'une méthode efficace, motivante et non monotone, grâce à la multiplicité et la variété des situations rencontrées.

Le travail réalisé dans ce cadre ressemble étroitement à la nature de l'activité spécifique dans de nombreuses situations, ce qui lui confère un effet positif marqué sur la stimulation et l'engagement des sportifs.

6. Méthode d'entraînement en hypoxie :

Le terme « hypoxie » est formé de deux parties : le préfixe « Hypo », qui signifie diminution ou insuffisance, et le suffixe « oxie », dérivé du mot oxygène.

Ainsi, dans le domaine de l'entraînement, ce terme désigne le travail physique réalisé dans des conditions de faible disponibilité en oxygène.

Cette méthode consiste à faire exécuter à l'athlète un effort physique continu dans un environnement appauvri en oxygène, ce qui provoque une augmentation de la dette en oxygène due à la diminution de la pression partielle de l'oxygène et donc à la réduction de sa diffusion du sang vers les tissus musculaires.

Autrement dit, il s'agit d'une méthode d'entraînement en altitude, utilisée pour stimuler les adaptations physiologiques liées à la performance aérobie.

On distingue deux formes principales d'hypoxie: L'hypoxie volontaire contrôlée, appliquée dans le contexte sportif à des fins d'amélioration de la performance ;

L'hypoxie involontaire, qui survient lors de certaines affections pathologiques ou en cas d'exposition accidentelle à un environnement pauvre en oxygène.

7. Méthode d'entraînement intégrée :

Cette méthode vise à améliorer les qualités physiques à travers les mouvements spécifiques à l'activité pratiquée. Donc avec une intégration globale de toutes les facteurs de la performance sportif (mental, technique, physique, psychologique, et socio-affectif)

Il convient ici de faire la distinction entre : la préparation physique générale (PPG), qui

permet à l'athlète d'atteindre un haut niveau de condition physique, et la préparation physique spécifique (PPS), qui développe les aptitudes propres à la discipline sportive concernée.

L'intégration de l'activité dans cette méthode renvoie à la capacité de s'entraîner en présence d'opposition, souvent sous forme de duels ou d'exercices en binôme.

Dans ce type d'entraînement, on combine les gestes techniques de la spécialité sportive avec une augmentation progressive des exigences techniques et individuelles. Cette approche procure à l'athlète une grande richesse sur le plan technique, en renforçant la liaison entre les dimensions physiques et technico-tactiques.

La méthode d'entraînement intégrée est généralement utilisée durant la phase de préparation aux compétitions, à travers des séances spécifiques dont les exercices reproduisent les situations réelles de match ou s'en rapprochent fortement.

8. La méthode d'entraînement intermittent:

Selon Nicolas Delpech, l'entraînement intermittent se définit comme une succession d'alternances entre des temps de travail et des temps de récupération. Ce type d'entraînement vise à maintenir un niveau élevé de qualité dans les efforts produits, tout en conservant une fréquence cardiaque élevée.

Selon Gilles Tarnier, il s'agit d'une alternance de périodes d'effort (courtes, moyennes ou longues) — sous différentes formes telles que la course, les sauts ou les exercices de force — et de périodes de récupération, qui peuvent être

actives (marche, activité légère) selon la discipline sportive concernée.

D'après Bernard Turpin (2002), l'entraînement intermittent correspond à un enchaînement d'efforts de courte durée (5 à 30 secondes) réalisés à des vitesses proches ou supérieures à la VMA, entrecoupés de phases de récupération de 15 à 30 secondes.

Didier Reiss et Pascal Prévost (2013) le définissent comme une forme d'entraînement alternant des phases de travail et de récupération de durée équivalente, par exemple 02 minutes d'effort suivies de 02 minutes de repos, ou selon le format bien connu 30/30.

Selon Gilles Cometti, l'entraînement intermittent représente une méthode essentielle pour l'amélioration de la PMA (Puissance Maximale Aérobie) dans les sports collectifs.

La majorité du temps de travail se base sur des formes de course répétées (5-15, 10-20, 15-15, 30-30, etc.), effectuées à des vitesses proches de la VMA (Vitesse Maximale Aérobie)

Les bienfaits de l'entraînement intermittent:

Selon Gilles Cometti, l'entraînement intermittent appliqué au football permet de :

- Améliorer l'endurance.
- Faciliter la récupération grâce à un retour au calme plus aisé.
- Atteindre des tensions musculaires maximales.

- Stimuler l'ensemble des fibres musculaires.
- Varier davantage le contenu de travail.
- Intégrer des exercices de renforcement musculaire (musculature).

CHAPITRE 04 :

SUPPORT BIOENERGETIQUES ET PHYSIOLOGIQUE DU MOUVEMENT, DE L'EXERCICE ET DE L'ENTRAÎNEMENT SPORTIF

***B** iologie du sport représente l'apprentissage du fonctionnement de l'organisme humain, en relation avec le sport. (Albonico, Schônholzer et Weiss 1967).*

La biologie du sport, que l'on appelait auparavant biologie de l'activité physique, est basée sur des spécialités interdisciplinaires à partir de la structure corporelle (anatomie) et des processus complexes de l'organisme vivant (physiologie) qui mettent à profit les connaissances de l'hérédité (génétique), de la santé, de la pédagogie du sport, de la médecine sportive, des méthodes d'entraînement, de la biomécanique, de l'apprentissage moteur, de la sociologie du sport et de la psychologie du sport. S'ajoutent à cela l'expérience acquise sur la dégénérescence et les maladies de l'appareil locomoteur (orthopédie) ainsi que les connaissances sur le développement psychomoteur et les phénomènes du vieillissement (Kocher 1968).

La biologie du sport est étroitement liée à la médecine du sport, bien qu'il y ait des particularités propres à chacun de ces domaines. La façon de voir la biologie du sport ou la recherche de définitions montre sous divers rapports des bases de départ presque identiques. La biologie du sport cherche aussi, comme la médecine sportive d'ailleurs, à

élucider les mécanismes de l'activité physique et de la performance sportive qui influencent l'organisme humain. Au contraire de la médecine du sport, la biologie du sport ne s'occupe toutefois que de la périphérie. Cependant, elle utilise les méthodes d'investigation empruntées à la médecine sportive pour déterminer la capacité de performance de l'organisme, comme cela se fait dans la recherche en médecine du sport et par les procédés thérapeutiques.

Pour avoir une bonne description de la biologie du sport, il faut connaître la place importante que prennent les divers types d'efforts que peut fournir l'organisme à travers la multitude d'actions sportives existant, comme il faut aussi connaître les limites conceptuelles de l'exercice, de l'entraînement et de la compétition.

Dans les sciences du sport, L'exercice caractérise un processus d'élaboration des contenus d'apprentissage, dont la forme d'exécution comprend un certain nombre de répétitions pouvant être exécutées de diverses manières.

L'exercice peut aussi prendre la forme d'une répétition d'habiletés motrices relativement simples, ayant pour objectif l'amélioration des capacités physiques à l'intérieur d'un processus d'entraînement, comme c'est le cas, par exemple, pour la force, la vitesse et l'endurance (Rôthig 1983).

Du point de vue de la biologie du sport et de la médecine du sport, il y a une différence entre l'exercice et l'entraînement dans le cadre de la thérapie du mouvement et de la réadaptation (réhabilitation).

1- Generalites sur la structure, le fonctionnement et le metabolisme musculaires :

Afin de bien comprendre les effets d'une charge de travail ou d'un stimulus d'entraînement sur les systèmes neuromusculaire et énergétique, leurs fondements anatomo-physiologiques respectifs seront brièvement décrits ci-dessous. Nous verrons d'abord la structure et le fonctionnement de la cellule et, plus particulièrement, de la cellule musculaire. Par la suite nous discuterons particulièrement le métabolisme cellulaire et musculaire, afin de mieux saisir les fondements des méthodes d'entraînement. Finalement, nous aborderons le fonctionnement neuromusculaire et les mécanismes régulateurs de la motricité.

2- La structure cellulaire et musculaire :

Du point de vue énergétique, chaque stimulus d'entraînement influence en premier lieu la cellule et, par conséquent, la cellule musculaire. Dans une perspective de simplification, la circulation sanguine ne représente qu'un mécanisme auxiliaire qui doit satisfaire les besoins du métabolisme cellulaire en oxygène et en substrats. Il doit aussi pourvoir à l'évacuation des déchets des produits intermédiaires et finaux du métabolisme cellulaire. Comme le montre la figure 8, la cellule est entourée d'une membrane (il s'agit du sarcolemme dans la fibre musculaire). Sa perméabilité sélective aux substrats organiques et aux électrolytes, son pouvoir d'association avec d'autres cellules, démontrent que la membrane cellulaire a une structure complexe hautement spécialisée. Les processus couplés

aux transports actifs, comme, par exemple, les pompes à sodium et à potassium impliquées dans la repolarisation de la membrane après l'extinction du potentiel d'action, sont localisés dans la membrane cellulaire.

(Buddecke 1971, 389).

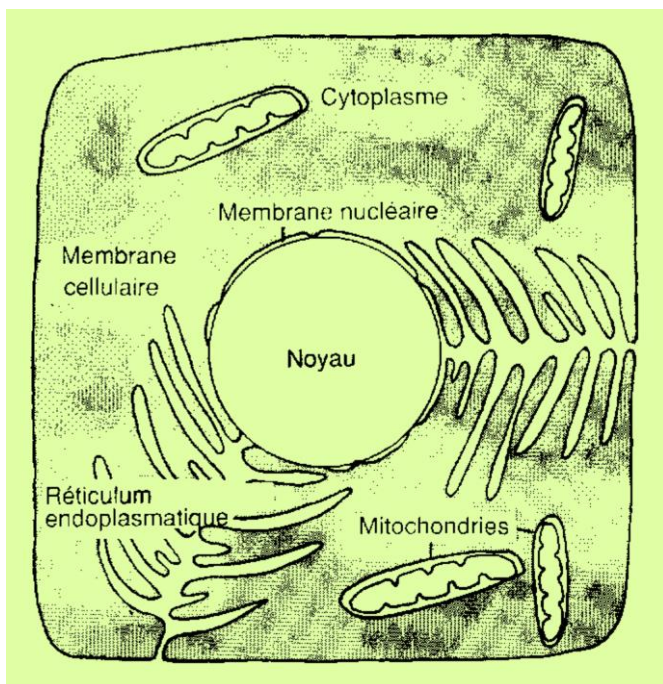
Le cytoplasme (qui correspond au sarcoplasme dans la cellule musculaire) est constitué de liquide intra-cellulaire contenant des

*La définition du terme **EXERCICE** donnée par la biologie du sport et par la médecine sportive s'applique surtout à l'amélioration des coordinations motrices, en fonction des effets produits sur le système nerveux et sur la musculature, tout en stabilisant les effets d'entraînement qui conduisent à des modifications morphologiques.*

électrolytes et des protéines. Il est le site de la production d'énergie anaérobie (glycolyse anaérobie), de la synthèse du glycogène (le glycogène est la forme sous laquelle le glucose est mis en réserve dans la cellule), de la dégradation du glycogène et également de la synthèse des acides gras. Dans le cytoplasme, on trouve aussi des réserves d'énergies immédiatement disponibles, comme, [...] glycogène et des gouttelettes de graisse. **Les ribosomes.** Le réticulum endoplasmique et les ribosomes constituent, entre autres, le site de la synthèse des protéines. A l'intérieur de la cellule musculaire, le réticulum sarcoplasmique joue un rôle très important dans la transmission de

l'influx nerveux de la surface vers l'intérieur des fibres musculaires.

***Le noyau de la cellule** contient tout le matériel génétique et a la capacité de se dédoubler (il donne, par exemple, le modèle de la synthèse des protéines). De concert avec les ribosomes, il contribue à la synthèse des protéines et collabore à l'accroissement des dimensions de la cellule musculaire en augmentant les structures protéiques, comme, par exemple, cela se produit durant la croissance ou à la suite d'un entraînement (hypertrophie). **Les mitochondries** représentent la **centrale énergétique** de la cellule, car c'est en elle que s'effectue la combustion oxydative des substrats énergétiques. A l'intérieur des mitochondries, on trouve les enzymes du cycle de l'acide citrique (cycle de Krebs) et de la chaîne respiratoire. C'est le site de la phosphorylation oxydative et de la production d'énergie.*



Constitution d'une cellule schématisée et simplifiée

3- Mécanique de la contraction musculaire :

La myosine est la protéine la plus importante pour la contraction musculaire. De par sa structure, sous forme de cordon torsadé avec excroissances latérales, elle est responsable du mécanisme de contraction et de l'augmentation de la tension musculaire. Lors du déroulement de la contraction (fig. 11) les têtes de myosine se lient aux filaments d'actine avec l'aide du complexe troponine et tractent ceux-ci, grâce à un mouvement de bascule de la base des têtes de myosine de quelques nanomètres, en direction du centre du sarcomère. Les mouvements de traction concentrique se répètent jusqu'à 50 fois par seconde, ce qui produit finalement un raccourcissement du sarcomère d'environ 0,5 μm . (Howald 1984).

La contraction totale du muscle est le résultat de la sommation du raccourcissement de tous les sarcomères impliqués, par interpénétration des filaments d'actine et de myosine.

4- Processus de la contraction musculaire et couplage électromécanique :

ETAPE 1 : Calcium (Ca^{++}) [dernier messenger de l'information nerveuse] se fixe sur l'actine et libère le site où s'accrochent les têtes de myosine permettant la liaison actine-myosine.

ETAPE 2 : A ce stade, l'ATP possède 02 fonctions comme suite :

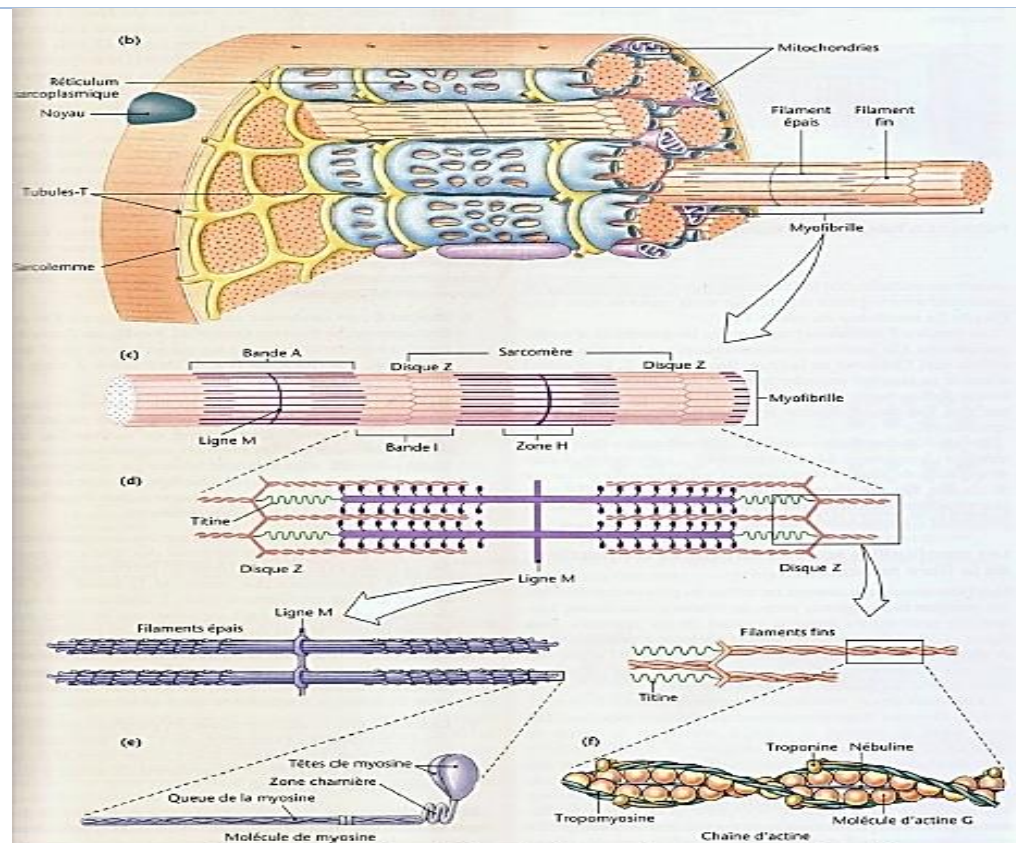
- 1- Apporter de l'énergie afin de libérer la tête de myosine de l'actine, une fois la tête libérée, elle peut se fixer plus loin sur un autre site que vient de libérer le Ca^{++} une fois en contact du site, l'ATP*

qui le lie au Mg^{++} va réagir avec les enzymes présents sur le site.

2- Faire basculer les têtes de myosine afin de tracter l'actine.

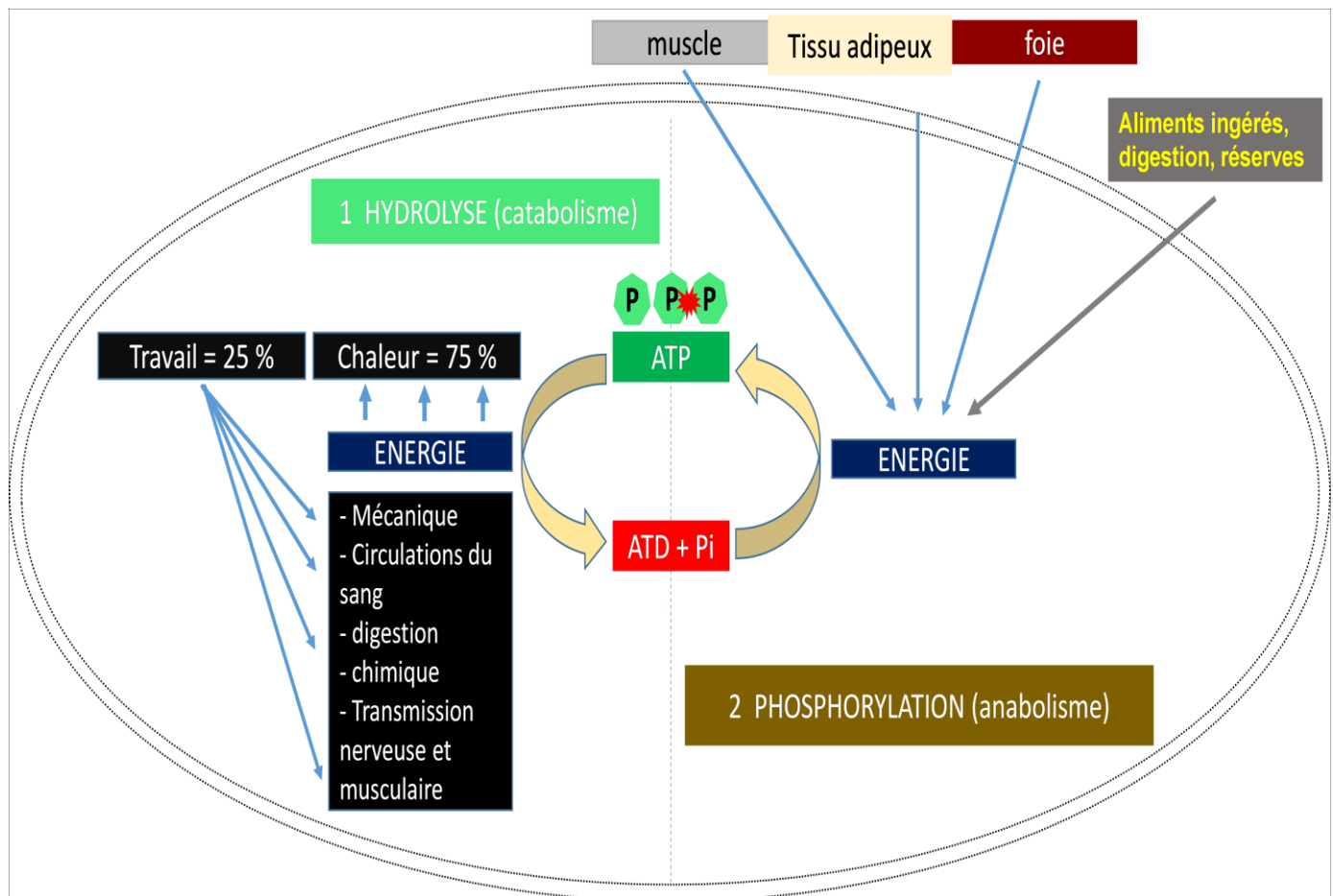
ETAPE 3 : La réaction brise la molécule d'ATP un morceau se détache comme un bouchon que l'on extrait d'un stylo.

Cette partie ou phosphate inorganique (P_i) laisse sur place la plus grosse partie qui se nomme ADP. Cette dernière est plus courte et s'attache différemment au contact des parois qui l'entourent. Plus petite que l'ATP elle attire les parois vers elle, cette réaction chimique permet un mouvement mécanique. Il faut qu'une nouvelle molécule d'ATP se fixe sur la tête de myosine pour qu'elle puisse se détacher (3^{ème} fonction). Dans le cas contraire, une rigidité s'installe comme celle d'un cadavre.



D'après « physiologie humaine » de Silverthorn

4- d'où provient l'énergie du travail musculaire ?



La réaction centrale du métabolisme énergétique de la cellule musculaire.

CHAPITRE 05 :

Déterminants du développement de l'ENDURANCE

1. Définition du concept :

Endurance de manière large, elle consiste en toute action qui se prolonge dans le temps. Il existe une multitude de définitions selon la pratique et les objectifs de travail.

➡ La capacité de l'organisme dans son ensemble ou de ses différents systèmes a résisté la fatigue (Weineck ; 1997)

➡ C'est la faculté d'effectuer, pendant une durée prolongée, une activité d'intensité donnée sans baisse d'efficacité

(Zatsiorsky cité par Pradet 1994)

➡ La capacité de répétition des efforts, sans baisse d'intensité, durant le temps d'une épreuve (Aubert, Blancon 2014)

2. Modalités de l'endurance :

1) Selon la participation musculaire :

Endurance générale, endurance locale.

2) Selon la discipline pratiquée :

Endurance générale, endurance spécifique.

3) Selon la sollicitation bioénergétique :

Endurance anaérobie, endurance aérobie.

4) Selon la durée de travail :

Endurance courte, endurance moyenne, endurance longue.

5) Selon la Sollicitation motrice :

Endurance force, endurance vitesse, endurance force-vitesse.

3. Le support physio-bioénergétique :

Sur le plan physiologique elle permet d'augmenter le taux de cellules adipeuses utilisées, d'effectuer une meilleure irrigation du système cardio-vasculaire, de développer la capillarisation (qui irrigue les fibres musculaires) et donc d'augmenter la surface d'échange métabolique, ce qui va permettre d'améliorer les ressources énergétiques et les réserves en oxygènes. Le degré de capillarisation du muscle est essentiellement contrôlé par la demande en oxygène et ce quel que soit le type de fibres. (Vock et al. 1996).

Cette donnée de capillarisation est fondamentale car elle permet d'évaluer la distribution de l'oxygène et des substrats mais aussi l'épuration des déchets métaboliques. L'Endurance va donc accroître le volume cardiaque, augmenter le VES et la FC.

Une étude de **Gollnick et al. (1973)** avait mis en évidence les effets de 5 mois d'entraînement en endurance, à raison de 4 séances d'une heure à 75-90 % de $\dot{V}O_{2max}$ par semaine. Il fallut aux sujets deux semaines de ce type d'entraînement pour terminer 01 heure d'exercice à 75 % de $\dot{V}O_{2max}$. La puissance était alors de 65 % $\dot{V}O_{2max}$ afin d'assurer l'adaptation progressive à 75 % $\dot{V}O_{2max}$. Parallèlement au dosage enzymatique, les auteurs avaient mesuré les effets de

l'entraînement sur $\dot{V}O_{2max}$ et les réserves de glycogène intramusculaire.

Après ces 2 semaines d'entraînement, une augmentation de $\dot{V}O_{2max}$ a été observée (+ 3,6 à 25%), la valeur moyenne passant de 3,9 à 4,5 l/min.

Le rapport des surfaces des fibres lentes par rapport aux fibres rapides a augmenté (0,82 avant et 1,11 après entraînement). En revanche, le potentiel oxydatif s'est accru à la fois dans les fibres lentes et les fibres rapides. L'activité anaérobie (mesurée par l'activité de l'enzyme *Alphaglycérphosphate déhydrogénase*) a augmenté seulement dans les fibres rapides. Les réserves intramusculaires de glycogène sont passées de 72 mmoles d'unité glucose par kg de muscle frais (valeurs trouvées généralement chez des sujets non entraînés en endurance) à 182 mmoles d'unité glucose par kg de muscle frais, soit presque trois fois plus. L'augmentation n'était pas différente dans les fibres lentes et rapides. Les résultats de cette importante étude montraient alors clairement les adaptations métaboliques du muscle à l'entraînement. Ils mettaient également en évidence que la typologie des fibres musculaires n'était pas modifiée par l'entraînement à l'âge adulte, mais que leurs surfaces absolues et relatives pouvaient varier.

Par la suite, d'autres auteurs ont mis en évidence que le nombre de capillaires par fibre musculaire pouvait augmenter de 50% après deux mois d'entraînement quotidien de 30 à 60 min à 70-80% de $\dot{V}O_{2max}$ (Henriksson, 1992). Quatre (4) semaines suffisent à faire redescendre aux valeurs initiales le taux des enzymes oxydatives. Cette diminution apparaît plus rapidement que celle du nombre de

capillaires et de la valeur de $\dot{V}O_{2max}$, ce qui relance le débat des facteurs limitatifs de la consommation maximale d'oxygène, que nous aborderons après avoir considéré l'apport d'oxygène aux muscles par les fonctions cardio-ventilatoires. Au bilan, on peut retenir que les athlètes entraînés en endurance ont 3-4 fois plus d'enzymes oxydatives et 2-3 fois plus de capillaires par fibre musculaire, assurant donc un plus grand apport et une meilleure utilisation de l'oxygène par la fibre musculaire.

La filière énergétique : aérobie (oxydative)

Filière aérobie > 03 min	
Puissance	Capacité
03 à 08 min	> 08 min

4. Notion de $\dot{V}O_{2max}$:

Lorsque l'intensité d'un effort physique augmente progressivement, la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) augmente parallèlement jusqu'à atteindre un certain plateau maximum au-dessus duquel toute nouvelle augmentation de la puissance de l'effort ne provoque aucun effet sur la consommation d'oxygène. Cette

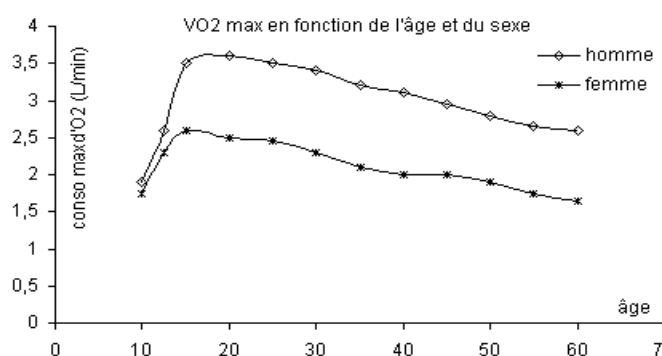
$\dot{V}O_{2max}$ est l'efficacité du système respiratoire à extraire l'oxygène de l'air ambiant, l'efficacité du système circulatoire à transporter cet oxygène jusqu'à la cellule musculaire, l'efficacité du système cardiaque qui permet de réguler la circulation et enfin l'efficacité à utiliser cet oxygène par les muscles sollicités

(Billat, 1998).

➤ Exprimé en : ml/min/kg ou l/min.

valeur plafond est appelée « $VO_2\text{max}$ » par les physiologistes. Elle correspond au maximum des possibilités d'un sportif ou joueur de football. Le $VO_2\text{max}$ est fonction du poids, de l'âge et du niveau d'entraînement du joueur. Il diminue avec l'âge, est inférieur chez la femme par rapport à l'homme, et peut être augmenté par l'entraînement, surtout avant l'âge de 20 ans.

$VO_2\text{max}$ varie avec l'âge : sa valeur augmente progressivement pendant l'enfance et l'adolescence, pour atteindre un maximum vers la 20e année et se stabilise entre 20 et 30 ans pour décroître progressivement et ne plus représenter, à 60 ans qu'environ 70% de la valeur observée chez le jeune adulte.



5. Notion de VAM / VMA / $vVO_2\text{max}$:

La vitesse aérobie maximum, VAM est la vitesse minimale de course atteinte par un sportif lorsque sa consommation maximale d'oxygène ($VO_2\text{max}$) est atteinte.

► Exprimée en : Km/h

D. THUILLIER - 2001

5.1 Tests d'évaluation de VAM :

1. Test de GACON 45/15 :

Objectif : Obtenir la vitesse aérobie maximale intermittente.

Protocole expérimental : Ce test repose sur la réalisation d'une course intermittente et progressive, avec une augmentation de la vitesse estimée à **0,5 km/h chaque minute** (45 secondes de course + 15 secondes de récupération). Le test débute à une vitesse de **10 km/h chez les sportifs**. La vitesse est imposée et régulée à l'aide de **signaux sonores (bips)**, permettant de contrôler la vitesse et la distance de course. La **dernière vitesse atteinte** est retenue comme résultat du test.

Avantages : Ce test est considéré comme l'un des plus pertinents pour refléter fidèlement l'activité spécifique du football. Il permet ainsi une évaluation précise de la vitesse aérobie maximale intermittente.

Inconvénients : L'utilisation des résultats de ce test est principalement adaptée à l'entraînement intermittent, dont le temps de travail est compris entre 30 secondes et 1 minute.

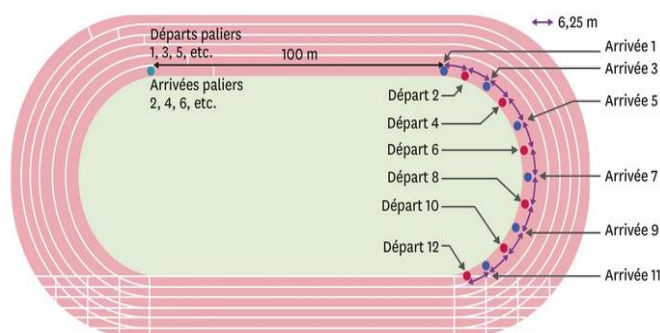


Illustration du protocole de test

2. Le Test d'Université Bordeaux2 (TUB2)

Objectif : Obtenir la vitesse aérobie maximale et estimer la consommation maximale d'oxygène ($VO_2 \text{ max}$) ; Obtenir la récupération cardiaque ; connaître du lactate sanguin dans chaque palier.

Protocole : Le test débute à une vitesse initiale de 8 km/h ou 12 km/h, selon la version retenue. Chaque palier a une durée de 3 minutes. La vitesse augmente à chaque palier selon la progression suivante : 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18... km/h, ou 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21... km/h.

Une phase de récupération passive d'une minute est observée entre chaque palier.

La performance enregistrée correspond au dernier palier entièrement complété, ainsi qu'à la durée réalisée dans le palier suivant

Avantages : Accès direct à la Vitesse Maximale Aérobie (VMA) ainsi qu'à une estimation du $VO_2 \text{ max}$. Possibilité d'effectuer des prélèvements sanguins durant la minute de récupération entre chaque palier. Enregistrement continu de la fréquence cardiaque tout au long du test. Analyse de la récupération cardiaque entre les différents paliers

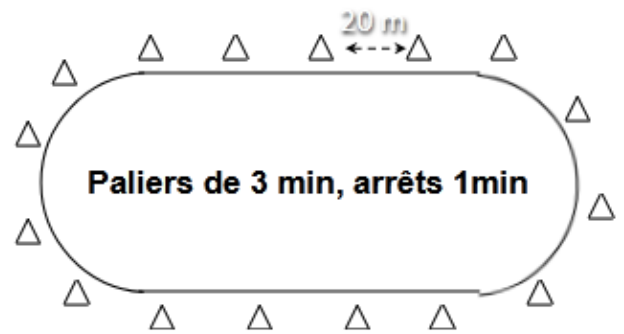


Illustration du protocole de test

3. Test VAMEVAL :

Objectif : Obtenir la vitesse aérobie maximale et estimer la consommation maximale d'oxygène ($VO_2 \text{ max}$).

Protocole expérimental : Le test se déroule sur une piste divisée en segments égaux de 20 mètres. Le test consiste à augmenter la vitesse de 0,5 km/h chaque minute, de la même manière que le test Course Navette, à la différence près qu'il se réalise sur une piste où les segments de 20 mètres sont répartis sur celle-ci, au lieu de courir en aller-retour.

Avantages : L'augmentation de la vitesse est identique à celle du test Course Navette, qui est scientifiquement validée. Cette augmentation, estimée à 0,5 km/h par minute, permet une meilleure adaptation de l'athlète à la vitesse imposée.

6. Notion de PAM / PMA :

Puissance aérobie maximale (PAM) est la quantité maximale d'O₂ qu'un organisme peut utiliser par l'unité du temps (minute) au cours d'un exercice musculaire intense et d'une durée égale ou supérieure à 03 minutes, elle correspond au VO₂max.

♦ Expression en : Watts.

REISS, PRIVOSTE ; 2013

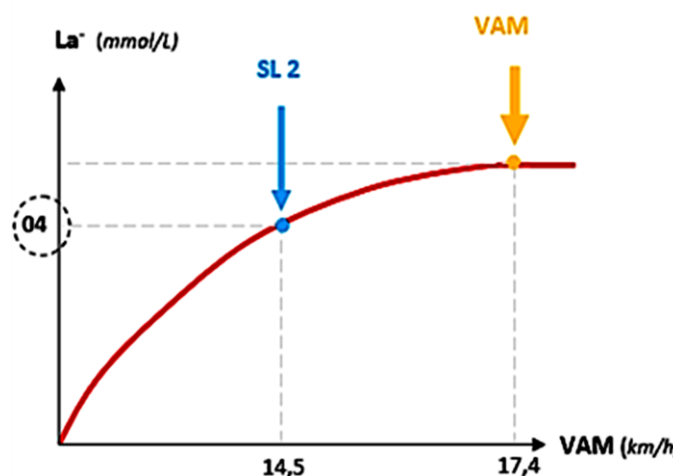
7. Notion de seuil :

A partir d'une certaine intensité de travail dans la filière aérobie, des lactates apparaissent, ce qui signifie que la filière anaérobie lactique commence à être sollicitée. Cette intensité seuil est appelée « zone de transition aérobie- anaérobie ou « seuil anaérobie ». Pour le sédentaire, elle se situe vers 65 % de la VAM, contre 85 % de VAM (92% de FC_{max}) pour le sujet entraîné. Et ça ce qui nous intéresse. L'entraînement au seuil anaérobie permet de retarder l'apparition des lactates et d'effectuer l'effort à une intensité plus importante en utilisant toujours la filière aérobie.

Comme elle possède une endurance beaucoup plus importante que la filière anaérobie, le même effort peut être soutenu pendant une durée bien supérieure.

Zone de transition et performance :

Les étroites corrélations qui unissent l'intensité de l'exercice au niveau du seuil anaérobie et la performance à l'exercice de moyenne et de longue durée confèrent à cette notion un intérêt de premier ordre. En effet, plus la zone de transition est élevée, plus la performance est bonne. Les corrélations obtenues avec la performance sont plus étroites que celles que l'on obtient à partir de VO₂max dès que la durée de l'effort dépasse 30 min. La notion de transition aérobie – anaérobie détermine l'endurance aérobie, c'est à dire la capacité d'un organisme à maintenir un pourcentage élevé de sa consommation maximale d'oxygène le plus longtemps possible. Un écart de quelques % entre deux sportifs constitue pour celui qui dispose du seuil anaérobie le plus élevé un atout considérable.



Conclusion sur la transition :

La transition aérobie – anaérobie est un très bon critère d'endurance, complémentaire de VO₂max (elle détermine la capacité à utiliser

7.1 Pourquoi est-ce un excellent critère d'endurance ?

le % le plus élevé possible de consommation d'oxygène sans accumulation excessive de lactate ; 04 mmol/L). Elle est directement liée à l'aptitude aérobie du muscle. Elle est plus sensible aux influences de l'entraînement que $VO_2\text{max}$. Le seuil anaérobie est un paramètre important pour le contrôle de l'entraînement en endurance. L'explication physiologique de cette notion est encore incertaine.

La **transition aérobie-anaérobie**, souvent appelée **seuil anaérobie**, correspond à l'intensité d'exercice à partir de laquelle la production de lactate dans le muscle devient supérieure à sa capacité d'élimination.

À faible intensité :

- L'énergie est produite principalement par le **métabolisme aérobie** (oxydation des glucides et des lipides dans la mitochondrie).
- Le lactate produit est réutilisé ou oxydé.
- La concentration sanguine de lactate reste stable (~1–2 mmol/L).

À mesure que l'intensité augmente :

- La glycolyse anaérobie s'accélère.
- La production de lactate dépasse son élimination.
- La concentration sanguine atteint environ **4 mmol/L**, valeur souvent utilisée comme repère du seuil (OBLA : Onset of Blood Lactate Accumulation).

La performance en endurance ne dépend pas seulement de la $VO_2\text{max}$, mais aussi de la capacité à maintenir un pourcentage élevé de cette $VO_2\text{max}$ longtemps.

⇒ Un athlète peut avoir :

- Une $VO_2\text{max}$ élevée,
- Mais un seuil anaérobie bas

→ **fatigue rapide.**

À l'inverse :

⇒ Un athlète avec :

- une $VO_2\text{max}$ moyenne,
- Mais un seuil élevé (ex. 85–90 % de $VO_2\text{max}$),

→ **peut maintenir une intensité élevée plus longtemps.**

Donc, le seuil détermine la fraction réellement utilisable de la $VO_2\text{max}$ sans accumulation excessive de lactate.

7.2 Pourquoi est-il plus sensible à l'entraînement que la $VO_2\text{max}$?

La **$VO_2\text{max}$** est fortement influencée par des facteurs centraux :

- Débit cardiaque maximal
- Volume d'éjection systolique
- Facteurs génétiques importants

Elle progresse mais avec des limites biologiques.

Le **seuil anaérobie**, en revanche, dépend surtout d'adaptations périphériques musculaires, qui sont :

- Plus facilement modifiables par l'entraînement,
- Plus rapides à améliorer,
- Très sensibles au travail en endurance.

C'est pourquoi il est un excellent indicateur de progression.

7.3 Importance pour le contrôle de l'entraînement

Le seuil anaérobie permet :

- De déterminer les zones d'intensité d'entraînement
- D'individualiser les charges de travail
- D'optimiser la performance en endurance
- D'éviter le surentraînement

Il est souvent utilisé pour prescrire :

- L'entraînement en endurance fondamentale
- Le travail au seuil
- Les intervalles longs

7.4 Pourquoi l'explication physiologique reste incertaine ?

Il n'existe pas un seul "seuil" mais plutôt :

- Une transition progressive
- Plusieurs phénomènes combinés (ventilatoire, lactique, métabolique)

Les mécanismes impliquent :

- Production de lactate
- Clairance du lactate

- Régulation enzymatique
- Recrutement des fibres musculaires (type II)
- Tamponnement des ions H^+

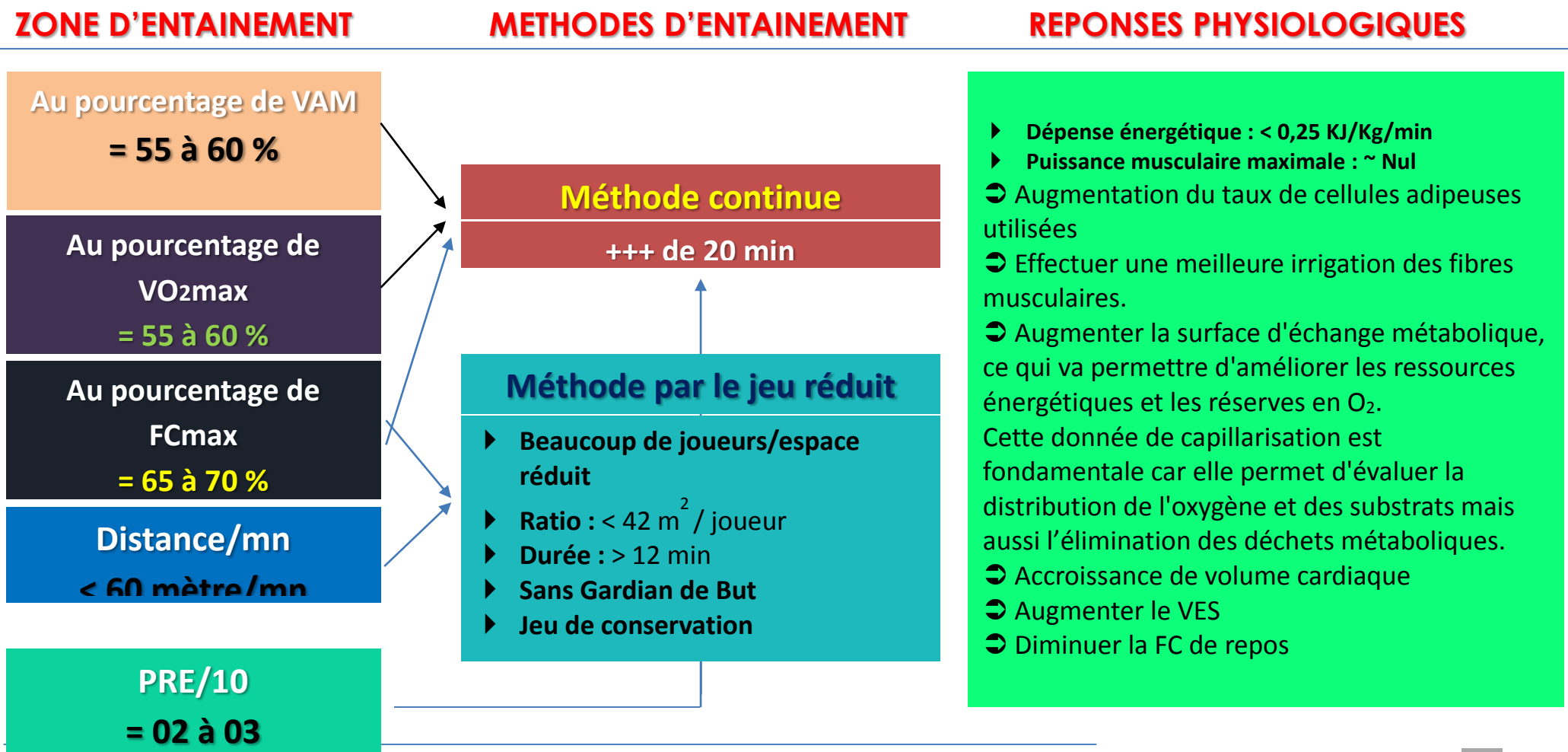
Ainsi, le seuil est un **concept fonctionnel** plus qu'un point biologique unique précis.

1 ➡ ENDURANCE FONDEMENTALE

DEFINITION : Elle correspond à l'intensité de base de l'entraînement physique avec une utilisation privilégiée des lipides. Elle permet d'utiliser les acides gras libres et donc de maintenir le taux de glycémie dans le sang. (DELLAL ; 2008)

➡ **TRADUCTION OPÉRATIONNELLE :** MODEL DE DEVELOPPEMENT L'ENDURANCE FONDEMENTALE (EF)

D'après, ROUABI ; 2020

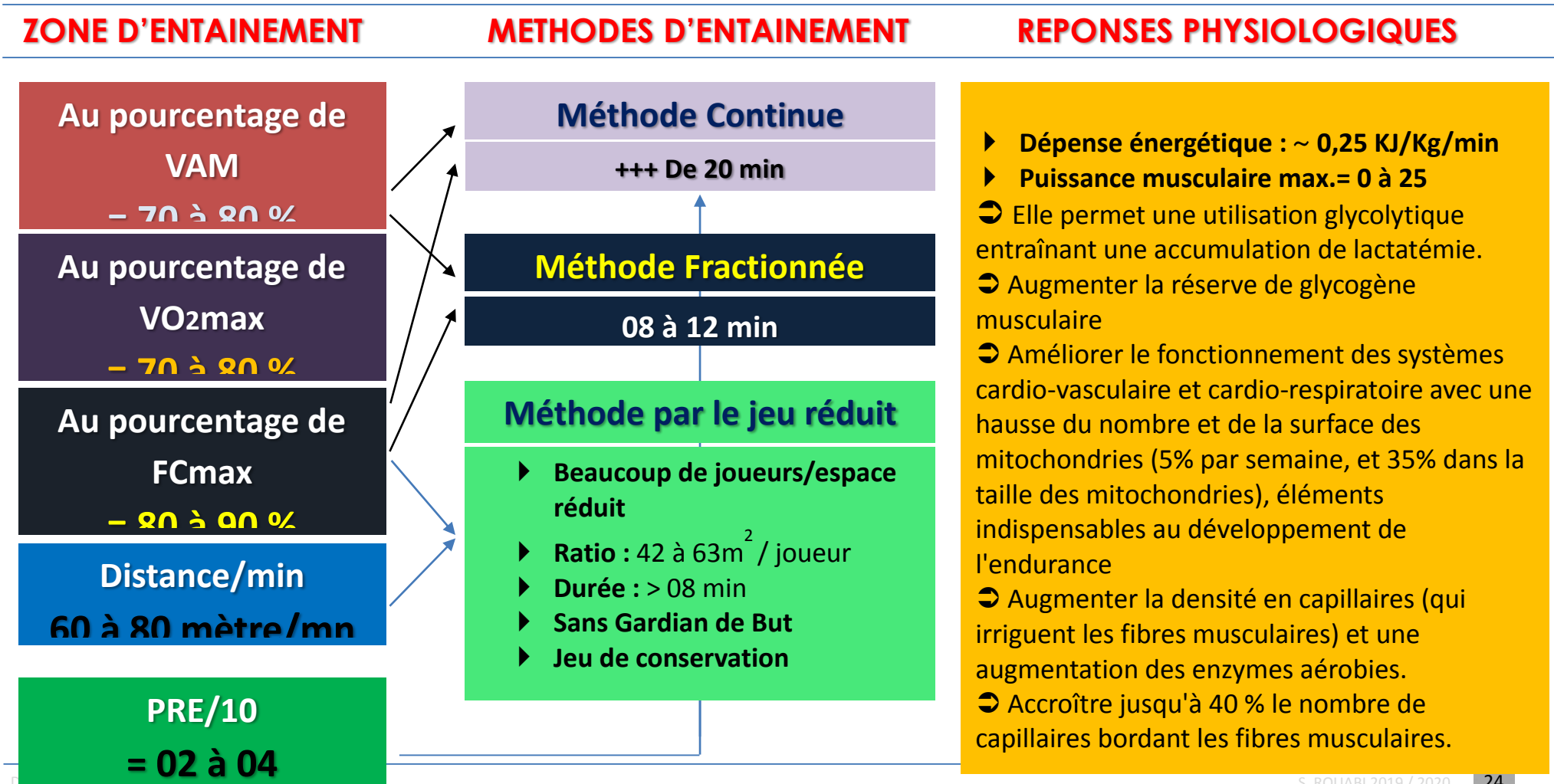


2 ➡ CAPACITE AEROBIE

DEFINITION : La capacité aérobie correspond à l'intensité à partir de laquelle le footballeur développe ses qualités d'endurance.

(DELLAL ; 2008)

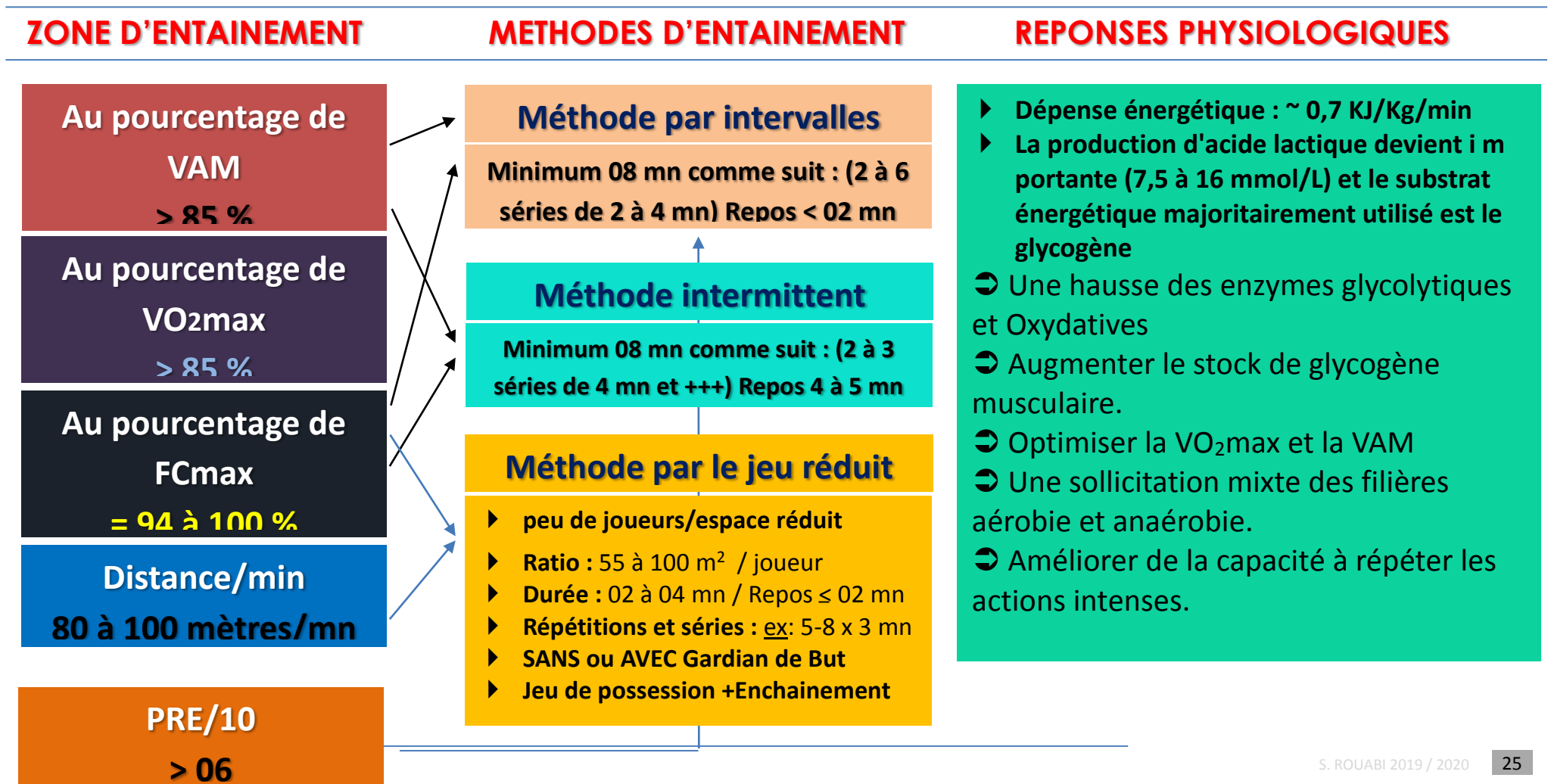
➡ **TRADUCTION OPÉRATIONNELLE :** MODEL DE DEVELOPPEMENT LA CAPACITE AEROBIE (CA) - D'après, ROUABI ; 2020



3 ➡ PUISSANCE AEROBIE

DEFINITION : La puissance aérobie correspond à l'intensité à partir de laquelle on va augmenter, optimiser son potentiel en endurance, sa capacité à maintenir des courses à haute intensité. (DELLAL ; 2008)

➡ **TRADUCTION OPÉRATIONNELLE :** MODEL DE DEVELOPPEMENT LA PUISSANCE AEROBIE (PA) - D'après, ROUABI ; 2020



CHAPITRE 06 :

Déterminants du développement de la **FORCE**

Force est considérée comme la qualité de base de tous les mouvements humains, ces derniers sont des contractions musculaires dont la production de la force est visible. Le muscle se contracte aussi de manière régulière mais sans produire de mouvement visible, dite force invisible- c'est le tonus qui nous maintient à 37°. Nous ne nous rendons pas compte de ce phénomène. Et aussi à travers ce tonus le corps garde son posture.

1. Définition du concept :

➡ Amplitude propre à développer un effort contre une résistance, en une seule contraction d'une durée non limitée. (Cometti ; 1993)

➡ Capacité du muscle à générer une tension (interne) suite à une stimulation nerveuse qui s'exprime par rapport à un segment corporel et / ou à une charge additionnelle (externe)

NOTRE DEFINITION !

Faculté du système nerveux et le système musculaire a généré et développé une tension (interne) pour résister ou surmonter contre une résistance externe.

(Reiss, Prévost ; 2013)

2- Objectifs de l'entraînement de la force :

> Pourquoi développer la force ? Qu'est-ce-qu'on va gagner ?

- 1- d'améliorer l'explosivité qui précède les duels de sprint sur 10 m ou 30 m et sur les duels aériens
- 2- de contribuer à l'amélioration de la puissance aérobie d'un joueur et par conséquent autoriser une meilleure tolérance aux efforts physiques supra maximal.
- 3- de développer suffisamment une certaine puissance lors des duels.
*** d'un point de vue physiologique et musculaire le travail de la force participe à l'amélioration de la coordination intramusculaire par un recrutement d'un plus grand nombre de fibres, et de la coordination intermusculaire nécessaire pour un meilleur fonctionnement entre les différents muscles ou groupes musculaires impliqués dans le mouvement à réaliser.**
- 4- Augmenter les réserves en glycogène et les composés phosphatés
- 5- Augmenter l'élasticité des muscles tout en améliorant la stabilité des articulations (genou- hanche...).
- 6- Amélioration de la capacité de décontraction (liée au Ca^{++}).
- 7- Amélioration de coordination inter et intramusculaire.
- 8- Rôle prophylactique (prévention musculaire)
- 9- Améliorer l'économie de course de 5 à 15%.
- 10- Extension du potentiel énergétique par l'augmentation de la masse musculaire, base d'un nouveau développement de la force.
- 11- Adaptation structurelle.

12-Amélioration du flux énergétique dans les muscles (adaptation énergétique)

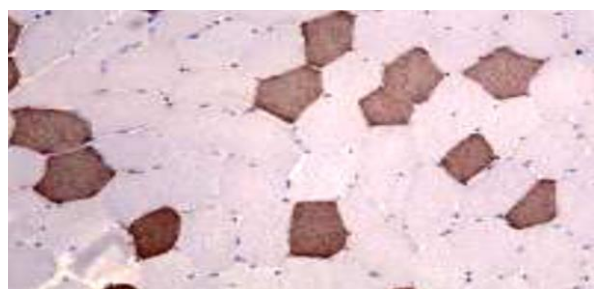
13-La base d'un meilleur rendement musculaire.

3- Support neurophysiologique :

Le muscle strié squelettique (40 à 50% du poids total corporel), n'est pas constitué simplement d'un groupe de fibres musculaire homogènes aux propriétés métaboliques et mécanique indiquées, mais avec pourcentage différent de fibres lentes (ST) et de fibres rapides (FT), déterminé par le patrimoine génétique on peut identifier 02 types distincts de fibres musculaires, d'après leurs propriétés contractiles et métaboliques. (McArdle ; 2001)



* Fibres lentes (ST)



*** Fibres rapides (FT)

1) **Les fibres à secousse lente** : dites aussi, fibres rouge* ou de types I ; leur contraction développe peu de force. Mais elles sont capables de se contracter longtemps, ce type de fibres est surtout impliqué dans des actions musculaires plus lentes, de longue durée et dont l'intensité est relativement faible ; elles

contiennent de nombreuses et volumineuses mitochondries. **Généralement nous ne nous rendons pas compte de ce type de fibres dans le travail de force.**

2) **Les fibres à secousse rapide** : aussi appelées fibre blanche*** ou fibres de type II ; leur contraction développe une force importante. On distingue 02 types dans ce type de fibres :

① Type IIb / FTb ou (FTx)

♦ **Vitesse et puissance contractile** : Présentent un pouvoir ATPasique élevé, une forte densité de myofibrilles contractile (actine, myosine) par mm² de section et une surface section élevée qui les rendent spécialisées dans les contractions puissantes.

En outre, ces fibres sont activées par des motoneurones alpha² (α²) phasiques à forte diamètre, à seuil d'activation élevé, elles sont donc surtout sollicitées lors d'activités musculaire de groupe puissance.

♦ **Durée de la contraction et fatigabilité** : les fibres FTb (ou FTx dans les références en Anglais) sont de grandes consommatrices de molécules d'ATP. Comme leur équipement n'est pas adapté au renouvellement de ces molécules, ces fibres sont très rapidement fatigables.

♦ **Du point de vue de leur structure** : la densité des myofibrilles par mm² de surface et l'absence de myoglobine confèrent une couleur claire à ce type de fibre (fibres blanches). De plus, une surface de section importante, une densité de capillaires très faible, une concentration en mitochondrie très peu élevée, l'absence de myoglobine et de réserve en triglycérides, induisent un fonctionnement essentiel anaérobie avec production importante d'acide lactique.

♦ **Du point de vue biochimique :** deux (02) voies métaboliques caractérisent l'essentiel du fonctionnement de ces fibres ;

1- La forte dégradation de l'ATP par l'enzyme myosine-ATPase.

2- La libération immédiate ou très rapide des quantités d'énergie requise par le renouvellement des ATP (Turnover de l'ATP), grâce au catabolisme de la PCr en forte concentration dans ce type, et à celui du glycogène en réserve intracellulaire.

② Type IIa / FTa

Dans la gamme des fibres à contraction rapide du type II, la précision de l'analyse morphologique, histologique et biochimique a conduit à distinguer un deuxième sous-groupe de fibres de type II, **les fibres IIa**.

Les fibres IIa représente une situation intermédiaire entre les fibres de type I et IIb. Comme elles représente un fort pouvoir oxydative et un pouvoir contractile rapide et puissant, ces fibres sont souvent définies aussi comme **fibres oxydatives à contraction rapide**.

D'une couleur légèrement rosée, dénotant la présence de myoglobine, et d'une sur face de section moyenne, les fibres FTa présente des propriétés intermédiaires per rapport aux deux types décrit précédemment :

- Leur vascularisation est assez semblable de type I.

- concentration du glycogène est sensiblement identique. Mais leur réserve en triglycéride est nettement moins élevée.

- leur potentiel aérobie et leur glycolyse anaérobie se situent entre ceux des fibres I et IIb.

- malgré la rapidité de leur contraction, la transition qu'elles développent est moindre que celle des fibres IIb, mais leur résistance à la fatigue est meilleure.

③ Fibres de type transition FTab et FTc

Le perfectionnement des techniques de laboratoire permet de proposer deux nouveaux types de fibres : les FTab, et les FTc. Il semble que ces types traduisent une forme de passage d'un type à l'autre, résultant d'un état d'entraînement ou de desentraînement. Cette transition pourrait remettre en question le caractère génétiquement déterminé.

♦ **Les fibres FTab ;** comme leur classification l'indique, se situent entre les fibres FTa et FTb et présente une myosine ATPase intermédiaire. Selon le type d'entraînement ces fibres seraient susceptibles d'évoluer vers un type ou autre : l'entraînement base de puissance et contre durée pourraient orienter la tendance vers FTb.

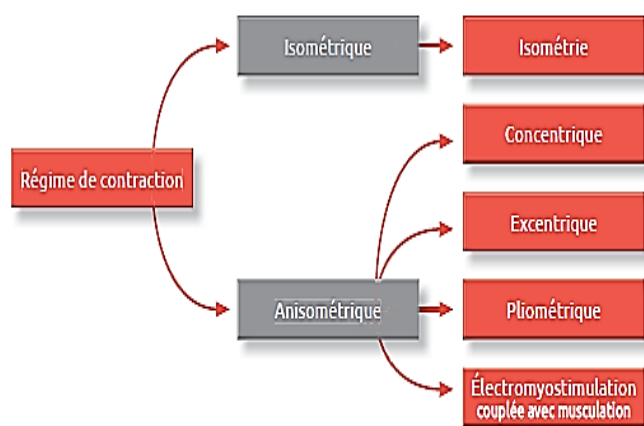
♦ **Les fibres FTc ;** correspondent à une transition entre les fibres ST et FTa. On ignore encore la signification exacte de ces fibres. On le trouve chez les nourrissons quelque jour après la naissance et après une disparition précoce. Ce type peut réapparaître chez les athlètes de haut niveau spécialisé dans les activistes de longue durée.

De manière générale, on considère qu'il existe trois grandes catégories de fibres musculaires : ST, FTb, et FTa

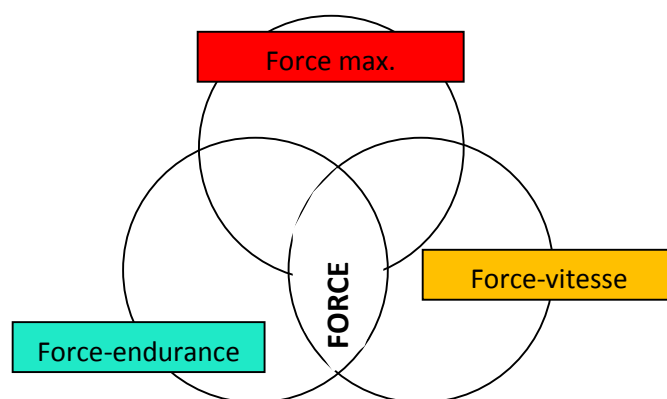
4- Différentes régimes de la contraction musculaire :

Nous distinguons généralement quatre formes de contractions musculaires :

- **Le régime isométrique** : la contraction s'effectue sans modification de la longueur du muscle et sans déplacement des leviers osseux = régime statique.
- **Le régime concentrique** : les muscles fonctionnent en raccourcissement de sa longueur. Pour le sportif, ce mode de contraction participe aux phases d'accélération (des jambes lors des sprints, frappes) ou de détente par exemple.
- **Le régime excentrique** : les muscles s'allongent et résistent au mouvement. Il contribue aux actions de freinage lors des déplacements (changements de direction) et régule l'amplitude gestuelle (action des muscles antagonistes pour contrôler le mouvement des agonistes).
- **Le régime pliométrique** : il se caractérise par la succession très rapide d'une phase excentrique et d'une phase concentrique. En réalité, le muscle est étiré avant la phase de raccourcissement et cela lui permet d'exprimer un niveau de force supérieur à celui d'une contraction classique.



5- Modalités de la force :



1- Force maximale : c'est le maximum de force que puisse développer le système neuromusculaire pour une contraction maximale volontaire. Aussi c'est la charge la plus lourde qu'un sportif parvient à soulever une seule fois. Elle peut être développée ou entretenue grâce à un programme basé sur la répétition de charges maximales :

- Charges élevées (85-100% de 1RM)
- Peu de répétitions (1-8 fois).
- Durée de la contraction entre (5-15").

* On distingue :

> **Force max. isométrique** : mise en action du plus grand nombre d'unités contractiles au sein du même muscle afin de produire la plus grande tension statique.

> **Force max. concentrique** : mise en action du plus grand nombre d'unités contractile (sarcomère) au sein du même muscle afin de produire la plus grande tension permettant le rapprochement des insertions musculaire.

> **Force max. excentrique** : plus grande tension musculaire que le muscle peut subir avant sa rupture lors de son allongement.

2- Force-vitesse : est caractérisée par la capacité du système neuromusculaire à surmonter une résistance avec la plus grande vitesse de contraction possible», (Frey, 1977). C'est réaliser un mouvement nécessitant force et rapidité. La Force - Vitesse se décompose en Force Maximale (le paramètre principal), en Force Explosive (capacité à réaliser un accroissement maximal de force dans le temps le plus court possible), en Force de démarrage (capacité de générer une augmentation maximale de force au début de la contraction musculaire) (Weinek, 1992).

Pour développer l'explosivité à travers la force-vitesse ; l'intensité de travail doit être située entre (30-60% du 1RM). La durée des exercices est généralement de 30 sec pour un nombre de répétitions maximal.

3- Force-endurance : ou bien L'endurance de force représente la capacité du muscle à résister à la fatigue dans des efforts de longue durée, (Weineck, 1983). Aussi la qualité qui permet aux muscles ou aux groupes musculaires de développer une tension sous-max. le plus longtemps possible. (Cardinal ; 1993)

L'intensité de travail avec charge additionnelle doit être moins (30% du 1RM). La durée des exercices est généralement plus de 30 sec. Pour un nombre de répétitions élevé avec une cadence d'exécution rapide.

On peut aussi utiliser le poids du corps tel que comme le dans le travail de la Pompe, Abdos, et Gainage. Avec la méthode **CIRCUIT-TRAINING**.

6- Méthodes

① METHODES D'ENTAINEMENT DE LA FORCE MAX.

D'après Zatsiorski (1966) pour développer la force il faut créer dans le muscle des tensions maximales. Ceci peut s'obtenir de 2 manières

- Avec charge maximum,
- Sans charge maximum mais jusqu'à la fatigue ou à vitesse maximum.

Ces différentes méthodes présentent des avantages et des inconvénients qui sont **décrits sur le tableau**

Il ressort clairement que la méthode la plus intéressante est la méthode des efforts maximaux, Sa récupération très longue oblige les athlètes à avoir recours aux autres méthodes.

➡ **TRADUCTION OPÉRATIONNELLE :** *MODEL DE DEVELOPPEMENT LA FORCE MAX* - D'après, Zatsiorski; 1966

Méthodes	Répétition	Séries	Récupération	Avantages	Inconvénients
Efforts maximaux	1 à 3	4 à 7	07 mn	Action sur les facteurs nerveux : synchronisation sur organisme frais	Charges lourdes récupération longue entre les séries
Efforts répétés	5 à 3	6 à 16	05 mn	Action sur les facteurs nerveux et sur la masse musculaire	Répétition efficace sur organisme fatigué
Efforts dynamiques	6 à 15	10 à 30	03 mn	Action sur les facteurs nerveux, et sur la montée en force	Peu d'action sur la force

② METHODE D'ENTRAINEMENT PAR LES CONTRACTIONS ISOMETRIQUES :

Le muscle produit une force sans qu'il ne subisse de changement de longueur, il n'y a pas de déplacement de ses insertions (la longueur du muscle reste inchangée), connue pour ne pas développer la masse. Son principal intérêt est :

- De permettre à l'athlète de développer des tensions volontaires supérieures à son maximum concentrique
- Méthodes plus favorables pour augmenter la force des fibres rapides
- ce type de contraction a l'avantage de produire une force de manière très rapide
- Un effort isométrique soutenu pendant quelques secondes entraîne une augmentation de la synchronisation des unités motrices en cours d'exercice.

La méthode pour travailler en régime isométrique consiste à adopter une position (ex : se maintenir en position de chaise contre un mur) jusqu'à l'épuisement complet. Ou encore tenir en position de squat une charge de 60 à 90% de 1RM avec une position des genoux fléchis à 90°.

③ METHODE D'ENTRAINEMENT PAR LES CONTRACTIONS CONCENTRIQUES :

Les insertions musculaires se rapprochent pendant la contraction, il y a raccourcissement du muscle. Par exemple, le muscle se raccourcit pour shooter, il produit ainsi une force plus importante. Dans le processus d'entraînement en régime concentrique on cherche à synchroniser volontairement les unités motrices (des muscles mis en jeu).

Les méthodes les plus utilisées dans le travail en concentrique sont : Bulgare/ Pyramide/ Pré - fatigue / Post- fatigue.

♦ **La méthode Bulgare** : méthode qui consiste à alterner dans la même séance des charges lourdes et des charges légères (c'est une méthode par contraste).

Par exemple travailler avec une charge à 70% et enchaîner avec une charge à 50% (2 répétitions à 70% puis 2 à 50% puis 2 répétitions à 70% puis 2 à 50%) à vitesse maximale. Exemple :

CYCLE 9 : BULGARE COMPLET (FORCE PUISSANCE EXPLOSIVITÉ)		
Rappel des qualités physiques		
Intensité (% de RM)	Bloc (90% + 50% + 30%)	• 1 fois par semaine.
Nombre de répétitions	2 + 5 + 5	
Récupération	30 sec au sein du bloc puis 3 min	
Nombre de séries	3	

♦ **La méthode de la pyramide** : Comme son nom l'indique, elle suppose une progression dans la charge et en même temps une diminution du nombre de répétitions dans la série : Par exemple, une série de - 3 répétitions à 50%, - 2 répétitions à 60%, -1 répétition à 70% -2 à 60%, -3 à 50% enchaînées.

CYCLE 2 : PYRAMIDE MONTANTE EN PUISSANCE FORCE		
À vitesse maximale, habituer l'organisme aux charges lourdes, régime de contraction auxotonique		
Intensité (% de RM)	50% + 60% + 70%	• 2 séances par semaine. • Mêmes exercices que le cycle 1.
Nombre de répétitions	Bloc de (8 + 6 + 4)	
Récupération	1 min au sein du bloc et 2 min inter séries	
Nombre de séries	3	

♦ **Le pré et la post fatigue** : consiste à fatiguer un muscle de façon analytique (par exemple faire travailler les quadriceps sur une machine) avant d'effectuer un mouvement plus global

(exemple faire du squat) et inversement. Selon Cometti ce procédé permet de mieux localiser les effets.

④ METHODE D'ENTRAINEMENT PAR LES CONTRACTIONS EXCENTRIQUES :

Les insertions musculaires s'éloignent pendant la contraction, il y a allongement du muscle. Elles s'excentrent, il s'agit souvent de freiner une charge, blocage et changement de direction ou encore lorsqu'on descend sur une jambe (excentrique) montée sur deux jambes (concentrique).

D'un point de vue physiologique, le travail en excentrique produit des effets positifs sur la structure du muscle. Mais il provoque également des lésions plu ou moins importantes dans le muscle notamment au niveau des fibres de type II. Certes les fibres nécrosées se régénèrent après la récupération. Néanmoins il est nécessaire de l'appréhender avec beaucoup de prudence, notamment en aménageant une récupération assez longue entre le travail excentrique et la compétition.

⑤ METHODE D'ENTRAINEMENT PAR LES CONTRACTIONS PLIOMETRIQUE :

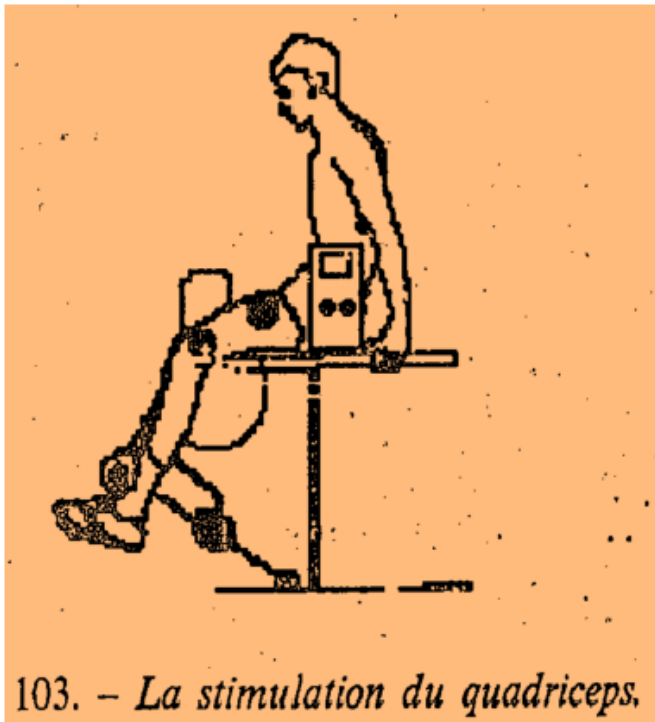
Le travail repose ici sur des sauts et des bondissements où le poids du corps assure lui-même la charge de travail. Le muscle se comporte comme un ressort mis sous tension avant de s'allonger. Les insertions musculaires s'éloignent puis se rapprochent dans un temps très court. Il y a mise en jeu de ce que les physiologiques appellent le cycle « étirement - contraction » ; il résulte de la combinaison concentrique et excentrique. Si le joueur casse ce cycle pliométrique avec un temps d'arrêt, il perd le bénéfice de l'énergie emmagasinée. Par exemple, les sauts en contrebas : le joueur doit premièrement freiner (le muscle s'allonge=excentrique) et ensuite, la contraction devient concentrique (rebondit). Dans ce type de travail, un muscle légèrement étiré développe en effet une plus grande force.

Repère et quantification du travail en mode pliométrique				A. FARHI
Type d'exercice (bondissements)	Matériel	Hauteur des engins	Quantité et charge	Illustration
Pliométrie légère (Basse)	Corde-cerceaux-élastique-plots-haies basses-	Jusqu'à 25-30 cm	100 – 300 bonds 10 à 20 séries. f(x) atelier Récupération =3'	
Pliométrie Moyenne	Haies moyenne-Banc-Plinth Cube	40 à 60 cm	50 à 150 bonds 6-12 répétition ou 4'' à 10'' 3 -5 séries Récupération =5'	
Pliométrie intense (haute)	Haies hautes-Plinth hautes (sauts en contres bas)	70 à 90 cm	30 à 80 bonds 6 à 12 series Récupération 7'	

⑥ METHODE D'ENTRAINEMENT PAR LES ELECTROSTIMULATIONS :

Elle consiste de faire travailler le muscle grâce à une stimulation électrique produite par un appareil spécial produisant un courant bien particulier.

Électrostimulation est une impulsion électrique variable (durée et intensité) transmise aux muscles par l'entremise de deux ou plusieurs électrodes. L'impulsion électronique provoque la contraction musculaire du ou des muscles choisis sans que le système nerveux centrale (SNC) soit mis en contraction.



Exemple d'une séance d'entraînement par l'électrostimulation comporte : Cometti ; 1993

- 10 mn de stimulation de chaque quadriceps ;
- 10 mn de stimulation des muscles grands fessiers
- 05 mn de stimulation de chaque triceps.

7- LES 05 LOIS FONDAMENTALES DE L'ENTRAINEMENT DE LA FORCE :

Bompa ; 2008

- 1) Développer la souplesse articulaire.
- 2) Développer la force des tendons
- 3) Développer la force du centre du corps.
- 4) Développer les muscles stabilisateurs.
- 5) Travailler les mouvements pas les muscles individuels.

8- PERIODISATION DE L'ENTRAINEMENT DE LA FORCE :

Bompa ; 2008

1^{er} PHASE : ADAPTATION ANATOMIQUE :

Dans cette phase nous orientons le travail vers la force-endurance appeler aussi ENDURANCE MUSCULAIRE.

2^{ème} PHASE : HYPERTROPHIE MUSCULAIRE :

Dans cette phase nous orientons le travail vers des charges sous-maximales avec les paramètres suivants ;

- Intensité : 70 à 85% de 1RM
- N° de répétitions : 06 à 10
- N° de séries : 06 à 08
- Vitesse d'exécution : lente
- Temps de récupération : < 03 mn

3^{ème} PHASE : FORCE MAXIMALE :

Dans cette phase nous orientons le travail vers des charges maximales – comme cité au dessus.

4^{ème} PHASE : CONVERSION EN PUISSANCE :

Dans cette phase nous orientons le travail vers la pliométrie avec l'application aux spécificités sportives (puissance réactive, puissance de lancer, puissance de démarrage, d'accélération...etc.).

CHAPITRE 05 :

Déterminants du développement de la VITESSE

Vitesse du sportif est une capacité très diverse. Elle implique non seulement la capacité d'action et de réaction rapide, la rapidité de départ et de course, celle du sprint et de l'arrêt, mais aussi la rapidité d'analyse et d'exploitation de la situation du moment. *Weineck (1997)*

« La vitesse du joueur sportif est une capacité complexe qui se compose des différentes capacités psychophysiques. » *Bauer (1981)*

1. Définition du concept :

➡ Est la capacité de se déplacer et d'effectuer des mouvements avec la plus grande rapidité possible ; c'est la résultante de l'interaction entre le muscle et le système nerveux, ensuite une certaine connexion avec les qualités de force et de coordination.

➡ Est la capacité d'accomplir des actions motrice dans le temps le plus court possible.

2. Support anatomique et physiologique :

- Type de musculature : Fibres FT
- Force élastique musculaire
- Disponibilité d'énergie : PCr, stockage du glycogène musculaire,...
- Glycolyse anaérobie
- Processus neuromusculaires et capacité de coordination

- Facteurs anthropométriques (taille, poids, morphologie)
- Mentale, fatigue, état d'échauffement

La vitesse du point de vue énergétique :

FELIERE ATP-CP	
Puissance	Capacité
03 à 06 sec	06 à 20 sec

FELIERE GLYCOLYSE ANAEROBIE	
Puissance	Capacité
20 à 45 sec (01 mn)	45 sec (01 mn) à < 03 mn

3- Les adaptations physiologiques :

Elles se situent au niveau de :

- L'augmentation du nombre de fibres musculaires sollicitées pour un mouvement
- L'augmentation des réserves ATP/CP et de l'oxygène en réserve intramusculaire
- L'augmentation de la concentration des enzymes intervenant dans le métabolisme anaérobie alactique = créatine phosphokinase (CPK) et myokinase (MK)

L'augmentation de la Force maximale volontaire (FMV) et la Force maximale isométrique (FMI) grâce à un travail de force - vitesse.

4- Paramètres de travail la qualité de vitesse :

✧ La récupération entre les répétitions.

Elle doit être comprise entre **20 fois** le temps de l'effort et 3 minutes. Ces 3 minutes correspondent aux délais maximaux avant la fermeture des capillaires sanguins. Il est donc impératif que la succession effort – repos respecte ces intervalles.

✧ La récupération entre les séries.

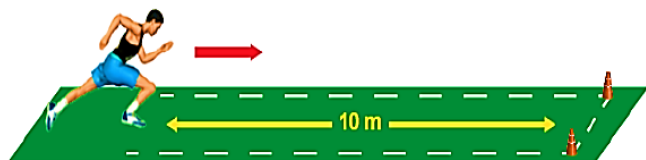
À partir de quatre répétitions on observe une hausse de la concentration d'acide

✧ *La récupération à la suite d'une séance de vitesse.*

5- Modalités de vitesse :

- ## 6- Méthodes d'entraînement de la vitesse :

Il s'agit de proposer des exercices simples de sprints pour aller le plus vite possible sans consignes particulières. Il faut juste maîtriser et respecter les temps de récupération entre les répétitions et entre les séries. D'un point de vue filière énergétique sollicitée, ceci par contre est capital.



A diagram of a 30m race track. A runner is shown at the start. The track is marked with yellow triangles at 10m, 20m, and 30m. A red arrow points to the 10m mark. The track is green with white dashed lines.

Pour améliorer ces temps Il faut proposer aux joueurs des exercices de vitesse de réaction avec des signaux visuels, ou auditifs en faisant varier la distance et l'angle entre le joueur et la cible. La marge de progression dans ce registre par l'entraînement est très faible, elle dépend surtout des facteurs

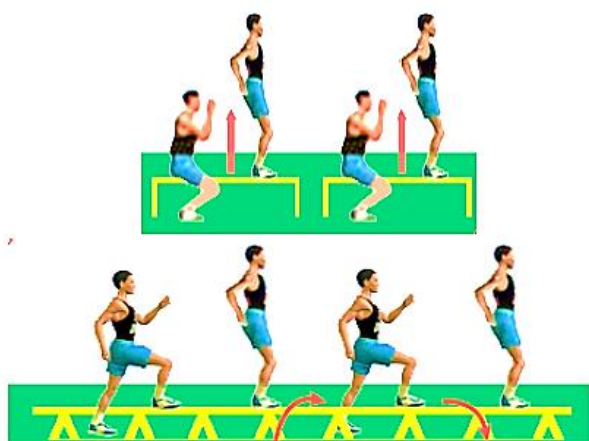
génétiques : la vitesse de conduction nerveuse en particulier.

♦ **Méthode de développement de la vitesse par la force spécifique :**

Cette méthode utilise la musculation et le développement de la force pour améliorer la vitesse. En effet nombreuses sont les études ayant montré la corrélation positive (0.91) entre la puissance maximale des membres inférieurs et les sprints de courte distance. Par conséquent, en améliorant la force et la puissance du joueur on améliore sa vitesse de course également. Ce transfert des gains s'opère au niveau du recrutement des fibres rapides. Par exemple, un travail adéquat qui combine musculation et sprint permet d'atteindre cet objectif. (Nous reviendrons dessus dans la partie pratique consacrée aux formes d'entraînement et situation pratique).

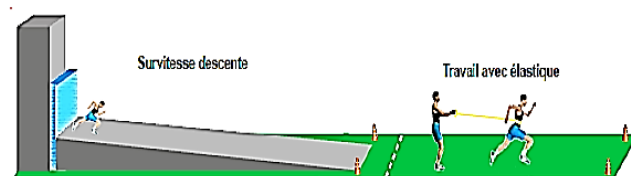
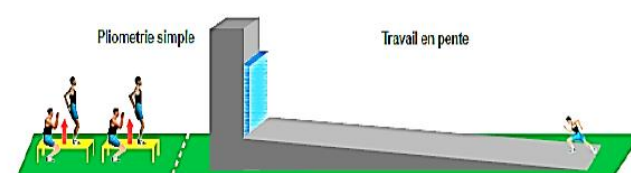
Voici donc une simple illustration :

- Faire 1 squat (musculation avec charge) suivi d'une course de 10 m départ arrêté.
- Faire 6 sauts en pliométrie sur haies puis 10m départ arrêté à 100%.



la vitesse du geste et de la foulée, c'est la sur-fréquence qui consiste à faire des mouvements à fréquence élevée permettant au joueur de s'accoutumer à une vitesse élevée et la transférer plus tard dans la course. La méthode favorise le travail des ischio jambiers (arrière) représentés par les mouvement de talons aux fesses et le travail des quadriceps (avant) représenté par les skippings.

Précaution nécessaire : ce travail entraîne une grande fatigue nerveuse, s'il est fait sur des distances longues. Il s'agit d'une musculation nerveuse spécifique. Les exercices de fréquence qui peuvent être proposés ici sont multiples par Exemple :- sprint avec alternance vite/lent/vite/lent, - fréquence sur place sans matériel, - fréquence en mouvement sans matériel, - en mouvement de face avec des lattes, - en mouvement avec des lattes mais en passage latéral, - sur place avec des appuis décalés (exemple : un pied dans chaque cerceau), - en mouvement de face mais avec des mini haies pour apprendre à courir genou haut sans perdre en fréquence - le travail de survitesse en descente, la pente doit être comprise entre 3 et 5 % maximum. Ceci permet de travailler également la fréquence mais engendre parfois des courbatures au niveau des quadriceps après la séance.



♦ **La méthode de développement de la fréquence :**

D'après Donati il est possible d'améliorer la vitesse de course en améliorant

7. **Maitriser les différents paramètres de développement de la vitesse : (sport collectif)**

D'après Cazorla ; 2015

Intensité : vitesse maximale

Durée : 03 à 05 sec.

Récupération entre répétitions: passive 01 à 02 min

Nombres de répétitions par série : 03 à 06

Nombres de séries par séance : 02 à 04

Récupération entre chaque série : active 04 à 06 min

Nombres de séances par semaine : 01 à 03

CHAPITRE 07 :

Déterminants du développement de la SOUPLESSE

La souplesse est une qualité physique, au même titre que les autres qualités, qui répond aux mêmes principes de spécificité de l'entraînement, de non-entraînement et de programmation de la charge.

1. Définition du concept:

La souplesse consiste à exécuter un mouvement avec **la plus grande amplitude et la plus grande harmonie possibles**. Elle désigne la capacité d'un individu à utiliser l'amplitude anatomique d'une articulation du corps, ainsi que l'élasticité des muscles, des ligaments et des tendons qui entourent cette articulation dans ses mouvements quotidiens naturels.

C'est la capacité à **étirer les muscles et les ligaments**. Une personne doit, au minimum, être capable d'étendre les bras vers l'avant à un angle de 90 degrés par rapport au corps et de mobiliser les articulations des chevilles de manière suffisante. La souplesse contribue à **améliorer le niveau moteur**, à obtenir **une meilleure coordination intramusculaire** et à permettre **une grande amplitude dans les mouvements techniques spécifiques à la discipline sportive pratiquée**.

2. Types de souplesse :

Il existe plusieurs classifications de la souplesse, notamment :

- **Souplesse générale et spécifique.**
- **Souplesse positive et négative.**
- **Souplesse statique et dynamique.**

- 1) **Souplesse générale :** Elle désigne la capacité des principales articulations du corps à effectuer des mouvements avec une **grande efficacité fonctionnelle**. Il s'agit de la souplesse développée au niveau des principaux segments articulaires, tels que : Coxo fémorale, Articulation scapulaire, Colonne vertébrale.
- 2) **Souplesse spécifique :** Elle correspond à la mobilité relative à une articulation spécifique et dépend de la structure anatomique, de l'élasticité musculaire, ainsi que de la coordination neuromusculaire de la zone concernée.

La souplesse spécifique se développe principalement en fonction des exigences techniques et biomécaniques de la discipline pratiquée. Par exemple, un gymnaste, un danseur ou un nageur ne sollicite pas les mêmes amplitudes articulaires qu'un joueur de football ou un lanceur d'athlétisme.

Elle vise donc à améliorer la capacité fonctionnelle d'une articulation ou d'un groupe musculaire précis afin d'exécuter efficacement les mouvements caractéristiques du sport concerné.

Le développement de cette souplesse requiert un entraînement ciblé, utilisant des exercices adaptés (étirements actifs, passifs ou dynamiques), dans le respect des principes de progression et de sécurité articulaire.

- 3) **Souplesse passive :** Elle correspond à l'amplitude articulaire maximale qu'un athlète peut atteindre sous l'influence de forces externes (par exemple, un partenaire, la gravité, ou un équipement spécifique), grâce à la capacité

d'étirement et de relâchement des muscles antagonistes.

La souplesse passive reflète donc la limite extrême de l'élasticité musculaire et ligamentaire, sans intervention active du sujet. Elle est particulièrement utilisée pour évaluer le potentiel articulaire maximal ou pour améliorer la flexibilité lors des séances d'étirement assisté.

- 4) **Souplesse active :** Elle désigne l'amplitude maximale qu'une articulation peut atteindre par la contraction volontaire des muscles agonistes, accompagnée de l'étirement simultané des muscles antagonistes.

Autrement dit, elle représente la capacité du sportif à mobiliser activement une articulation sur toute son amplitude fonctionnelle, sans aide extérieure.

La souplesse active est un indicateur essentiel du contrôle musculaire et de la coordination neuromusculaire, car elle combine la force et la flexibilité dans le même mouvement. Elle est particulièrement importante dans les disciplines nécessitant une grande précision gestuelle et une maîtrise corporelle (gymnastique, danse, arts martiaux, etc.).

3. Test “sit and reach” de la souplesse de la chaîne postérieure :

OBJECTIF : Mesurer la flexibilité antérieure du tronc (Manquilef Toro, O., 2005) et l'élasticité de la partie postérieure des muscles (Heyward, V., 1996).

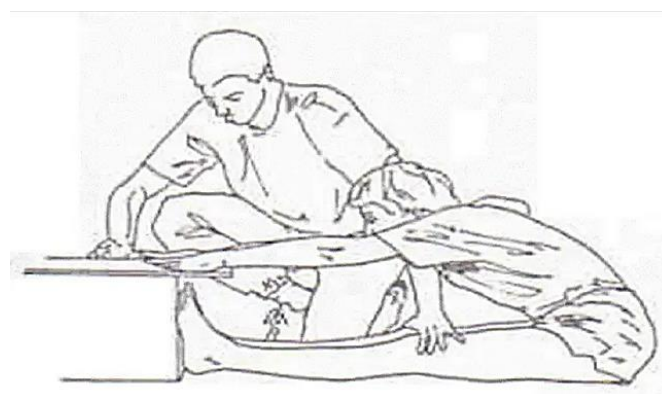
MATERIEL : Un flexomètre doté d'une façade de 23 cm de hauteur, 65 cm de largeur et 51 cm de profondeur.

Sur la boîte, et en son centre, se place une planche de 7 cm de largeur, 2 cm d'épaisseur et 82 cm de longueur.

Sur cette planche est fixée une bande métrique de couturière, dont le point zéro est situé à 25 cm de la planche où les pieds de l'exécutant sont appuyés (le zéro est orienté vers le tronc du participant).

Sur la planche où se trouve la bande métrique, on peut placer un petit chariot, qui peut être déplacé par les doigts des mains durant l'exécution du test.

Execution du mouvement: Le sujet s'assoit au sol, pieds nus, face au flexomètre, les pieds écartés à la largeur des épaules et posés à plat contre la planche placée devant lui



Les genoux doivent rester en extension complète.

Le participant tend les bras vers l'avant, les paumes dirigées vers le bas, l'une placée sur l'autre.

Sur l'indication de l'administrateur, le sujet fléchit lentement le tronc vers l'avant, en faisant glisser les doigts sur la planche graduée et en poussant le petit chariot qui s'y trouve, cherchant à atteindre l'amplitude maximale de mouvement.

Il doit maintenir la position atteinte pendant au moins 3 secondes.

Enregistrement : Parmi les trois essais effectués, on retient le meilleur résultat. La mesure est réalisée en centimètres.

Dans le cas où la mesure se situe entre deux centimètres, le résultat doit être arrondi au centimètre inférieur.

Considérations importantes : Le sujet doit effectuer un échauffement d'environ 10 minutes, en mettant l'accent sur la mobilité articulaire et les étirements musculaires. Les genoux du participant doivent rester en extension complète pendant toute l'épreuve. Le participant doit avoir préalablement expérimenté le test avant d'être mesuré.

Données normatives : Le tableau suivant présentent les valeurs normatives fournies par divers auteurs.

Classification de la flexibilité	Performance au test (cm)
Bonne	≥ 35
Acceptable	20 – 34
Doit améliorer	≤ 19

Barème d'évaluation pour le test de Wells et Dillon (test de flexibilité antérieure du tronc) adapté de Howley, E.T. (1995).

CHAPITRE 08 :

Déterminants du développement des qualités de COORDINATION

*L'âge d'or pour le développer (coordination générale) se situe entre 8 et 12 ans, c'est-à-dire à l'étape des alphabets moteurs et avant la pré-formation, selon le tableau de **Philippe Leroux**. On travaille la coordination spécifique à travers la pratique d'exercices particuliers et l'acquisition de compétences motrices.*

La coordination est la capacité d'une personne à apprendre rapidement de nouveaux mouvements. Adapter son comportement en fonction des exigences de l'environnement. (Kutnetsov)

Il n'existe pas de pratique sportive qui ne fasse pas appel à l'adresse ou à l'équilibre.

Ces deux qualités sont aussi importantes que la force, la vitesse ou l'endurance pour accéder à la performance.

La locomotion humaine, dans sa forme la plus basique – la marche – sollicite déjà énormément l'adresse et l'équilibre.

Il est donc indispensable d'intégrer un travail d'équilibre et d'adresse dès le début de la préparation physique, car cela peut conduire, à long terme, à une performance remarquable.

Ainsi, à travers des situations variées et aux nombreuses combinaisons possibles, nous devons enrichir notre motricité fine.

Pour les débutants, particulièrement concernés par cette première étape, on retiendra :

d'une part, la dissociation segmentaire entre les membres inférieurs et supérieurs, ainsi que la dissociation entre le côté droit et le côté gauche du corps (pouvant aller jusqu'à l'ambidextrie) ;

d'autre part, le travail de l'équilibre et du déséquilibre, par le jeu et les exercices adaptés. Ainsi que la maîtrise des rythmes et des amplitudes et des orientations dans les déplacements.

Ce secteur de la préparation physique trop souvent oublié se révèle passionnant à développer. Même sans qualités de force, de vitesse ou d'endurance exceptionnelles, il est possible de réaliser dans ce domaine des progrès phénoménaux et de compenser en partie les déficits d'autres qualités physiques. Nous y voyons aussi un lien avec le travail préventif ou réparateur des masseurs kinésithérapeutes lorsque, proches collaborateurs qu'ils sont, ils s'associent aux préparateurs physiques pour poser le socle d'une carrière ou veiller à l'intégrité physique des pratiquants, quels qu'ils soient.

1. Méthode de travail de l'équilibre et adresse :

▪ **La dissociation segmentaire :** désigne la capacité à faire bouger une partie du corps indépendamment des autres, ou à décaler les mouvements entre différents segments du corps.

donc, le corps est découpé en segments (tête, épaules, tronc, bassin, jambes...).

La dissociation segmentaire, c'est la coordination qui permet par exemple de :

- tourner les épaules sans tourner le bassin
- stabiliser le tronc pendant que les jambes bougent
- utiliser un retard de mouvement entre segments pour gagner en puissance

Et pour bien améliorer la dissociation segmentaire il faut articuler l'entraînement en 04 notions dans les quelles:

La dissociation ceinture-membres correspond à la capacité neuro-motrice permettant de mobiliser les membres supérieurs ou inférieurs de manière relativement indépendante par rapport aux ceintures scapulaire et pelvienne. Elle repose sur un contrôle postural efficace du tronc et une coordination inter-segmentaire fine, permettant aux ceintures de jouer un rôle de stabilisation et de transmission des forces tandis que les membres assurent la production du mouvement. Cette dissociation est essentielle dans de nombreuses actions sportives, car elle favorise l'optimisation de la chaîne cinétique, l'efficacité gestuelle et la précision du mouvement. Une bonne dissociation ceinture-membres permet également une meilleure répartition des contraintes mécaniques, contribuant ainsi à la prévention des blessures et à l'amélioration de la performance motrice.

La dissociation entre les membres supérieurs - les membres inférieurs désigne la capacité à

coordonner des actions motrices distinctes entre le haut et le bas du corps, permettant à chaque ensemble de segments d'exécuter des fonctions spécifiques au sein d'une même tâche motrice. Elle repose sur une organisation neuromusculaire efficace et sur le contrôle postural du tronc, qui assure le lien fonctionnel entre ces deux ensembles segmentaires. Cette dissociation est fondamentale dans les activités sportives impliquant des déplacements, des frappes ou des changements de direction, car elle permet aux membres inférieurs d'assurer principalement les fonctions de propulsion, d'équilibre et de déplacement, tandis que les membres supérieurs contribuent à la manipulation, à l'orientation ou à la production de force. En favorisant une meilleure coordination intersegmentaire et une transmission optimale des forces au sein de la chaîne cinétique, la dissociation membres supérieurs-membres inférieurs participe à l'amélioration de l'efficacité gestuelle, de la performance et à la réduction des contraintes mécaniques excessives.

La dissociation des parties du corps entre elles correspond à la capacité du système neuro-moteur à contrôler et coordonner de manière différenciée les différents segments corporels (tête, tronc, ceintures scapulaire et pelvienne, membres supérieurs et inférieurs) au cours d'une action motrice. Elle implique la possibilité de mobiliser certains segments de façon active tandis que d'autres sont stabilisés ou engagés dans des actions distinctes, permettant ainsi une organisation efficace du mouvement. Cette dissociation repose sur

l'intégration des informations sensorielles (proprioceptives, vestibulaires et visuelles), sur le contrôle postural et sur une coordination inter-segmentaire fine assurant la continuité de la chaîne cinétique. Essentielle dans la plupart des activités physiques et sportives, elle favorise l'adaptation aux contraintes de la tâche, l'optimisation de la production et de la transmission des forces, la précision gestuelle ainsi que l'économie énergétique. Une dissociation efficace des parties du corps contribue également à une meilleure répartition des contraintes mécaniques, limitant la compensation excessive et participante ainsi à la prévention des blessures et à l'amélioration de la performance motrice.

La dissociation geste-regard désigne la capacité à orienter et stabiliser le regard indépendamment de l'exécution du geste moteur, permettant ainsi de dissocier les fonctions perceptives et motrices au cours de l'action. Elle repose sur une coordination fine entre les systèmes visuel, vestibulaire et proprioceptif, ainsi que sur des mécanismes de contrôle oculomoteur et postural assurant la stabilité de la tête et du tronc pendant le mouvement. Cette dissociation est essentielle dans les activités sportives où l'anticipation, la prise d'information et l'ajustement du geste sont déterminants, car elle permet au regard de se porter sur des éléments pertinents de l'environnement (cible, partenaires, adversaires, trajectoire) tandis que le geste se déroule de manière automatisée. En favorisant une meilleure synchronisation perception-action, la dissociation geste-regard améliore la précision, la réactivité et l'efficacité motrice,

tout en contribuant à la régulation de l'équilibre et à l'optimisation de la performance sportive.

2. Les sous-qualités de la coordination motrice :

1. Les conditions d'orientation correspondent à l'ensemble des capacités perceptives, cognitives et motrices qui permettent à l'individu d'adapter son comportement moteur aux modifications spatiales de l'environnement. Elles reposent sur la prise d'informations sensorielles, principalement visuelles, proprioceptives et vestibulaires, permettant d'identifier la position de son corps, des objets et des autres individus dans l'espace. Ces informations sont ensuite traitées par le système nerveux central afin d'ajuster en permanence les déplacements, les trajectoires, la posture et les actions motrices en fonction des contraintes spatiales changeantes. Dans le contexte sportif, les conditions d'orientation sont essentielles pour assurer l'efficacité de l'action, l'anticipation des situations et la coordination des mouvements, notamment lors des changements de direction, des déplacements rapides ou des interactions avec des partenaires et des adversaires.

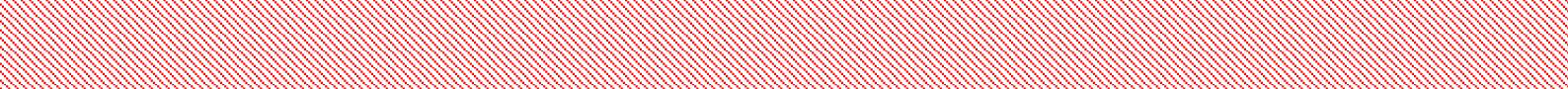
2. Les conditions de différenciation correspondent à la capacité du système neuromusculaire à ajuster avec précision l'intensité, la direction et le timing des forces produites par une partie spécifique de la musculature, tandis que d'autres groupes musculaires sont simultanément engagés dans

l'action. Elles reposent sur un contrôle moteur fin, une bonne perception proprioceptive et une coordination intermusculaire efficace, permettant de moduler l'effort en fonction des exigences de la tâche. Dans les activités sportives, ces conditions sont essentielles pour assurer la précision gestuelle, l'économie d'énergie et l'adaptation aux contraintes de l'environnement, notamment lors d'actions nécessitant des variations subtiles de force, de vitesse ou d'amplitude, comme les lancers, les frappes, les réceptions ou les gestes techniques complexes.

3. Les conditions d'équilibre désignent l'ensemble des capacités perceptives, posturales et motrices qui permettent à un individu de maintenir une position stable ou de rétablir son équilibre lorsqu'il en est perturbé. Elles reposent sur l'intégration des informations provenant des systèmes vestibulaire, visuel et proprioceptif, ainsi que sur la capacité du système nerveux central à organiser des réponses motrices adaptées. Ces réponses peuvent se traduire par des ajustements posturaux fins ou par des déplacements plus amples pour prévenir la chute. Dans le contexte sportif, le maintien ou la récupération de l'équilibre est crucial pour optimiser la performance, réaliser des gestes précis, et réduire le risque de blessures, notamment lors de mouvements rapides, de changements de direction, ou de situations instables comme en gymnastique, sports de combat, ou sports collectifs.

4. Les conditions de rythme correspondent à la capacité du système neuro-moteur à organiser et à exécuter des mouvements selon une cadence régulière et dynamique, en respectant des intervalles de temps précis et une séquence appropriée entre les différentes actions motrices. Elles reposent sur l'intégration des informations sensorielles (visuelles, auditives et proprioceptives) et sur le contrôle moteur central pour synchroniser les contractions musculaires avec le tempo souhaité. Dans le contexte sportif, ces conditions sont essentielles pour assurer la fluidité et la coordination des gestes, optimiser l'efficacité énergétique et maintenir la performance, notamment dans des activités nécessitant des mouvements répétitifs ou alternés, comme la course, la natation, la danse, les sports collectifs ou les arts martiaux. Une bonne maîtrise du rythme permet également d'anticiper et de s'adapter aux variations d'intensité ou de vitesse imposées par l'environnement ou par l'adversaire

5. Les conditions de réajustement désignent la capacité du système moteur à modifier en temps réel une action en cours afin de s'adapter à une situation nouvelle ou à un changement dans l'environnement. Elles reposent sur une intégration rapide des informations sensorielles (visuelles, auditives, proprioceptives), sur le contrôle postural et moteur, ainsi que sur la capacité cognitive à anticiper et à planifier les ajustements nécessaires. Ces conditions sont essentielles dans les situations dynamiques où l'action initiale ne peut être exécutée telle quelle,



comme lors d'une interception, d'un changement de trajectoire ou d'une réaction à un adversaire. Dans le sport, elles permettent de maintenir l'efficacité motrice, d'optimiser la performance et de réduire les erreurs, tout en développant la réactivité et la capacité d'anticipation de l'athlète face à des événements imprévus.

CONCLUSION :

*L'analyse théorique présentée dans ce document met en évidence que la performance sportive repose sur le développement intégré et structuré des **qualités physiques fondamentales** : force, endurance, vitesse, souplesse et coordination. Ces qualités ne constituent pas des entités indépendantes, mais un système fonctionnel interdépendant, dont l'évolution dépend à la fois des facteurs biologiques, physiologiques et méthodologiques de l'entraînement .*

Sur le plan physiologique, chaque qualité physique s'appuie sur des mécanismes spécifiques d'adaptation ;L'endurance mobilise principalement les systèmes cardio-respiratoire et oxydatif, favorisant l'augmentation de la capillarisation, du volume d'éjection systolique et de l'efficacité métabolique .le développement de la puissance aérobie et du $VO_2\text{max}$ constitue un déterminant majeur de la performance prolongée, mais la transition aérobie-anaérobie (seuil anaérobie) apparaît comme un indicateur plus fin de la capacité à maintenir un pourcentage élevé de $VO_2\text{max}$ sans accumulation excessive de lactate. La vitesse dépend largement des processus neuromusculaires, du recrutement des fibres rapides et des adaptations enzymatiques anaérobies. La force améliore non seulement la puissance et l'explosivité, mais également la coordination intra- et intermusculaire, l'économie de course et la prévention des blessures. La souplesse et la coordination, l'équilibre et l'adresse participent à l'efficacité

motrice, à l'amplitude gestuelle et à la maîtrise technique, avec une période optimale de développement pour la coordination située entre 8 et 12 ans

Sur le plan méthodologique, les principes fondamentaux de l'entraînement — développement global, progressivité des charges, spécificité, récupération et individualisation — constituent le cadre scientifique indispensable à l'optimisation des adaptations mais aussi pour maximiser la performance sportive.

.La performance durable ne peut être atteinte qu'à travers une planification rigoureuse, fondée sur la compréhension des réponses aiguës et chroniques de l'organisme à l'effort

En fin, ces cours démontrent que la préparation physique moderne s'inscrit dans une approche scientifique multidimensionnelle, où la maîtrise des mécanismes bioénergétiques, neuromusculaires et biomécaniques permet d'élaborer des programmes d'entraînement rationnels, progressifs et adaptés. L'étude approfondie des déterminants du développement des qualités physiques constitue ainsi un pilier essentiel pour garantir l'amélioration durable de la performance sportive tout en assurant la prévention des blessures et la longévité de la carrière athlétique.

➔ GLOSSAIRE :

(a) Motoneurone Alpha : Cellule nerveuse efférente qui innerve les fibres musculaires.

(SNC) Système nerveux central : Moelle épinière et cerveau.

1 RM : Une répétition maximale correspond à la charge maximale que le joueur pourra soulever au moins une fois. Nous dénotons deux types de méthodes : directe et indirecte. La méthode directe consiste à soulever des charges progressivement croissantes (2,5 kg en 2,5 kg, 5 kg en 5 kg) et la dernière charge soulevée (précédent l'échec) correspond au 1 RM du joueur. La méthode indirecte, la plus utilisée consiste à éviter de sous-estimer la performance en 1 RM en faisant soulever au sportif une charge donnée le plus de fois possible (la charge doit être proche de son maximum). La masse soulevée et le nombre de répétitions effectuées permettent d'obtenir « la charge maximale théorique » selon la formule et la grille de Brzycki

Acide lactique : C'est un acide fort ($pK_a = 3,9$) qui est en majeure partie sous forme ionisée aux valeurs de pH extracellulaires et musculaires entre 6,4 et 7,6. Cet acide peut provoquer l'acidose musculaire qui serait la cause d'une baisse de la performance. En effet, il inhibe la glycolyse (inhibant la régénération de l'ATP), il agit au niveau des ponts d'actine-myosine, au niveau des différents couplages électromécaniques et au niveau de la commande motrice.

Acide pyruvique : Molécule à trois carbones ($C_3H_4O_3$) qui constitue une étape de la glycolyse; on parle même du « carrefour pyruvique » puisque, selon la vitesse de la glycolyse et de la phosphorylation oxydative, l'acide pyruvique sera soit réduit en acide lactique, soit transformé en acétylcoenzyme A pour être incorporé dans le cycle de Krebs et ensuite transformé en eau et dioxyde de carbone.

Actine : Filament fin qui, en interaction avec la myosine, produit la contraction musculaire.

Aérobic : Le métabolisme aérobic est un métabolisme qui demande de l'oxygène (extrait de l'air ou de l'eau) pour son fonctionnement. Les constituants du métabolisme font l'objet d'oxydation pour être détruits ou décomposés en éléments plus petits. L'entraînement aérobic (endurance fondamentale et capacité aérobic) s'accompagne de changements

structuraux, fonctionnels et d'une adaptation à l'exercice. Nous dénotons des hausses du volume sanguin, de la taille et du nombre de capillaires, de la capacité respiratoire, des surfaces d'échanges, de la quantité d myoglobine, des réserves en glycogène musculaire, de l'activité des enzymes oxydatives.

Anaérobic : On appelle métabolisme anaérobic les opérations du métabolisme qui ne requièrent pas d'oxygène pour fonctionner. Lors d'un effort intense, le métabolisme anaérobic couvre majoritairement les besoins énergétiques. L'entraînement anaérobic s'effectue afin d'adapter l'organisme à mieux tolérer les charges maximales. Cet entraînement va permettre une amélioration de l'activité enzymatique (CPK), une amélioration des capacités tampons du muscle (l'organisme tolère mieux l'acide lactique à l'effort) et surtout cela va permettre de ralentir le processus anaérobic voire aérobic. Il est directement lié à la performance en football.

ATP : Seul substrat qui fournisse de l'énergie pour la contraction musculaire. L'adénosine triphosphate est le principal fournisseur d'énergie dans le métabolisme cellulaire. De même, elle est une molécule utilisée chez tous les organismes vivants pour alimenter les réactions chimiques. Cette énergie servira à assurer les différentes fonctions de la cellule. L'ATP est formée à partir de glucose, lipides et protéides combinés à l'oxygène. La formation de l'ATP demande une certaine quantité d'oxygène, donc du temps. Un des principes de resynthèse de l'ATP réside dans la phosphorylation oxydative.

ATPase : Enzyme qui facilite la cassure de l'ATP.

Bioénergétique : Traite du métabolisme énergétique qui est l'ensemble des réactions chimiques se produisant dans une cellule vivante. Elle relate des différentes filières que sont le système aérobic, le système anaérobic lactique et le système anaérobic alactique. Les différents métabolismes énergétiques sont déclenchés de manière concomitante à des degrés variant selon l'exercice effectué

Capacité aérobic (CA) : Intensité à partir de laquelle le footballeur développe ses qualités d'endurance. Elle se travaille à une vitesse comprise entre 70 % et 80 % de la $v\dot{V}O_{2max}$ ou de la VMA. Sur le plan physiologique elle permet une utilisation glycolytique entraînant une accumulation de lactatémie. Ainsi la réserve de glycogène musculaire va augmenter. La CA va

améliorer le fonctionnement des systèmes cardio-vasculaire et cardio-respiratoire avec une hausse du nombre et un accroissement de la surface des mitochondries, éléments indispensables au développement de l'endurance et donc de la réserve d'oxygène de la cellule et dans le sang.

Capacité oxydative : Mesure de l'aptitude du muscle à utiliser l'oxygène.

Capillaires : Dernière ramification des artères qui permet l'apport d'oxygène aux cellules musculaires. Les vaisseaux capillaires jouent un rôle dans la nutrition et le fonctionnement des différents tissus de l'organisme. Ils représentent des surfaces d'échanges importants entre le sang et les tissus (apport de l'oxygène, d'eaux, d'ions, de métabolites et transport de gaz carbonique). Ils sont essentiels pour l'endurance des sportifs et peuvent être développés en taille et en nombre par un entraînement en endurance fondamentale ou en capacité aérobie. L'entraînement en endurance permet d'accroître jusqu'à 40 % le nombre de capillaires bordant les fibres musculaires.

CE (Charge d'entraînement) : Elle constitue l'estimation de la sollicitation énergétique de l'ensemble des exercices effectués au cours d'une même séance, ou bien celle de l'enchaînement de plusieurs entraînements. Son analyse est effectuée au moyen de différentes méthodologies physiologiques, statistiques ou pratiques. Chaque staff technique utilise sa propre méthode. L'évaluation et le suivi de la charge permettent de mettre en place et d'ajuster une séance selon l'état de forme des joueurs.

Chaîne de transporteurs des électrons : Ensemble des réactions chimiques qui utilisent l'ion hydrogène produit par la glycolyse et le cycle de Krebs pour produire de l'eau et de l'énergie par phosphorylation oxydative.

CK (Créatine Kinase) : Enzyme qui catalyse (accélère et facilite) la cassure de la créatine phosphate avec l'ADP pour resynthétiser l'ATP

Coordination intermusculaire : Elle doit être maximale entre les muscles moteurs, synergiques et stabilisateurs (gain au squat). Quand la coordination est alliée à la motivation, elle permet l'innervation simultanée d'un plus grand nombre de fibres musculaires. L'utilisation de la force dépend en grande partie de cette capacité de coordination

intermusculaire (Rutherford et Jones, 1996). L'amélioration de celle-ci se fera en combinaison avec un travail spécifique (par exemple des bondissements horizontaux ou verticaux).

Coordination intramusculaire : Recrutement et synchronisation des unités motrices (UM) au sein du muscle. Plus le muscle recrute d'unité motrice (UM) plus il engendre de force. Sale (1998) a relevé que la capacité de développer une force importante en un temps très court était directement liée à cette synchronisation de UM. Afin d'améliorer la synchronisation des UM, Zatsiorski (1966) expliquait que les méthodes les plus efficaces étaient des exercices avec des charges lourdes et/ou exercices explosifs. Cometti (1988) y a ajouté des exercices à base d'isométrie longue et de travail mixte isométrie longue/ travail explosif.

Cycle de Krebs : Série de réactions chimiques se déroulant dans la mitochondrie, où le dioxyde de carbone est produit et où les ions hydrogènes et les électrons sont arrachés aux atomes de carbone (processus d'oxydation). Le cycle de Krebs est également appelé le cycle de « l'acide tricarboxylique » ou le cycle de « l'acide citrique »

Échelle de Borg, RPE : Borg a mis en place une échelle de perception de l'effort afin de permettre un retour sur la sensation subjective engendrée par l'application d'un exercice (Borg, 1998). L'échelle de perception de l'effort est communément appelée « the Borg RPE » (Ratings of Perceived Exertion). Borg (1998) a relaté le fait que les valeurs de RPE peuvent être utilisées pour comparer des mesures physiologiques telles que la FC ou la $VO_2\text{max}$. Sur un plan pratique, cette RPE consiste à noter l'exercice effectué. Cette échelle constitue un moyen de contrôle de la charge intéressant.

Endurance fondamentale (EF) : Intensité de base de l'entraînement physique avec une utilisation privilégiée des lipides. Elle se travaille à une intensité de 55 à 65% de VAM.

Enzyme : Protéine accélérant les réactions chimiques de l'organisme. Elle est un catalyseur qui se fixe sur un substrat et le transforme.

FC : La Fréquence cardiaque est un moyen de contrôle utilisé dans le cadre de l'entraînement aérobie et de l'état de forme des joueurs. Elle se suit au moyen du cardiofréquencemètre. Nous dénotons un grand

nombre de dérives qui ont chacune leur utilité : la FC de repos, la FC max, la FC de réserve, la FC moyenne et la HRV (variabilité cardiaque).

Gainage : Action de contracter de manière continue et isométrique une (ou plusieurs) chaîne(s) musculaire(s) en même temps. Cette technique est régulièrement pratiquée dans le cadre d'un renforcement musculaire général.

Glucose : Glucide simple dont la molécule comprend six atomes (hexose). Les aliments contiennent rarement du glucose libre (sauf le raisin) qui est souvent inclus dans des glucides plus complexes (amidon ou maltose) subissant l'action des enzymes du tube digestif qui le transforment en glucides. Le glucose peut également être synthétisé au cours de la néoglucogenèse hépatique, suite à des réactions chimiques réalisant la conversion des acides gras ou des acides aminés. Le glucose se transforme alors en glycogène qui va permettre de créer une réserve énergétique au sein du muscle et du foie. La dégradation du glucose permet la resynthèse d'ATP.

Glycogène : Glucide constitué de très longues chaînes ramifiées de molécules de glucose, formant la principale réserve de glucose dans l'organisme. La synthèse du glycogène appelée « néoglucogenèse » a lieu dans le foie et les muscles à partir des glucides et des glucoses. Le glycogène constitue un substrat énergétique important dans la contraction musculaire. Il est indispensable pour les efforts de type puissance aérobie et pour la réplétion de sprints. Sa déplétion entraîne une baisse de la performance.

Glycogenèse : Processus de synthèse du glycogène à partir du glucose ou à partir de précurseurs non glucidiques. Glycolyse : Dégradation du glucose en acide pyruvique. La régulation de la glycolyse se situe principalement au niveau de la phosphorylation du fructose 6-phosphate en fructose 1,6-biphosphate.

Hémoglobine (Hb) : Molécule complexe située dans les globules rouges contenant du fer (Thème) et des protéines (la globine) ; l'Hb est capable de fixer et transporter la molécule d'oxygène.

Intermittent : Succession des alternances de périodes d'effort et de périodes de récupération active ou

Myosine : Protéine contractile musculaire se déplaçant le long des filaments d'actine)

passive, définie par une durée totale de travail, un temps de travail, un temps de récupération, un mode de récupération (actif ou passif), la nature de l'effort (course et/ou musculation) et la forme d'application (linéaire ou en navette).

Interval-Training : une ou plusieurs séries d'exercices alternés avec des périodes de récupération.

Lipides : Composés biologiques comprenant les dérivés d'acides gras à longue chaîne (glycérides). Ce sont des macronutriments. L'organisme se procure des lipides par l'alimentation mais il peut également les synthétiser. Ils constituent des réserves énergétiques sous forme de triglycérides.

Métabolisme : Ensemble des transformations chimiques et physico-chimiques qui s'accomplissent dans tous les tissus de l'organisme vivant (dépenses énergétiques, échanges, nutrition...) contient le catabolisme et anabolisme

Mitochondries : La mitochondrie est un organite du cytoplasme fournissant l'énergie nécessaire à toutes les activités de la cellule. Ses principales fonctions sont d'assurer l'oxydation, d'effectuer la respiration cellulaire et de mettre en réserve de l'énergie par la cellule et le stockage de certaines substances. Elle joue un rôle central dans le métabolisme et l'entraînement aérobie. Costill et Trappe (2002) ont relaté qu'un entraînement de 27 semaines s'accompagnait d'une hausse de 5 % du nombre de mitochondries par semaine et d'une augmentation de 35 % de la taille des mitochondries.

Myofibrille : Structure filamenteuse disposée longitudinalement dans la cellule musculaire et composée principalement de myofilaments épais (myosine) et de myofilaments fins (actines)

Myofilament : Structure de deux types (épais et fins) à l'intérieur des myofibrilles, disposée en segments appelés sarcomères ; le glissement des myofilaments fins permet la contraction musculaire.

Myoglobine : Transporteur de l'oxygène dans le muscle, de même que l'hémoglobine transporte l'oxygène dans le sang.

Seuil anaérobie : Intensité d'exercice ou valeur de la consommation d'oxygène pour laquelle le métabolisme anaérobie est accéléré.

Unité motrice : Un motoneurone avec toutes les fibres musculaires qu'il innerve.

VES (Volume d'éjection systolique) : Volume de sang éjecté par chaque ventricule lors de sa contraction. Différence entre le volume télédiastolique et télésystolique.

Plaquette motrice : Partie du sarcolemme d'un myocyte comprenant des récepteurs de l'acétylcholine (ACh) qui se lient à l'ACh libérée par les boutons terminaux des neurones moteurs somatiques.

Pont de myosine : Liaison entre la tête de myosine et le site d'actine, permettant le glissement des filaments

PCr (Phosphocréatine) : Composé riche en énergie qui joue un rôle important dans la contraction musculaire lors de l'exercice.

➔ BIBLIOGRAPHIE :

- 1) Alexandre Dellal ,(2010). **De l'entraînement à la performance**. Ed de Boeck , Belgique.
- 2) Bernard Turpin, (2002). **Préparation et entraînement du footballeur –Tom1**. Ed Amphora, Paris.
- 3) Didier Reiss, Pascal Prévost, (2013). **La bible de la préparation physique**. Ed Amphora, Paris.
- 4) Gilles Cometti, (1993). **football et musculation**. Ed Chiron. Paris.
- 5) Jürgen Weineck, (1996). **Biologie du sport**. Ed Vigot. Paris.
- 6) Jürgen Weineck, (1997). **Manuel d'entraînement**. Ed 04^{ème} Vigot, Paris.
- 7) Tudor Bompá, (2008). **Périodisation de l'entraînement**. Ed Vigot, Paris
- 8) Véronique Billat, (2012). **Physiologie et méthodologie de l'entraînement**. Ed de Boeck, Belgique
- 9) Georges CAZORLA, Edgar THILL, et all, (2009). **L'éducateur sportif**, Ed 03^{ème} Vigot, Paris.
- 10) Gregory DUPONT, Laurent BOSQUET , (2007): **Méthodologie de l'entraînement**. Ed: Ellipses. Paris.
- 11) Bernard TURPIN, (2002). **Préparation et entraînement du footballeur-Tom 02**, Ed Amphora, Paris.
- 12) Denis RICHÉ, (1998) . **Guide nutritionnel des sports d'endurance**, Ed 02eme, Vigot, Paris.
- 13) Lopez Opazo, L. (2001). **Aptitud física de la población escolar de la Décima Región**. Gobierno de Chile, DIGEDER, Décima Región. Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Los Lagos.
- 14) Fitness Canada. (1986). **Canadian Standardized Test of Fitness (CSTF) Operations Manual (3e éd.)**. Ottawa: Fitness and Amateur Sport, Canada.
- 15) Cité par : Manquilef Toro, O. (2005). **Manual de evaluación de eficiencia física. Baterías de tests. Test de desarrollo motor**. Ediciones Universidad de La Frontera (Temuco, Chile).
- 16) Heyward, V. (1996). **Evaluación y prescripción del ejercicio**. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- 17) Howley, E. T. (1995). **Manual del técnico en salud y fitness (1re éd.)**. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- 18) Manquilef Toro, O. (2005). **Manual de evaluación de eficiencia física. Baterías de tests. Test de desarrollo motor**. Temuco, Chile: Ediciones Universidad de La Frontera
- 19) Frédéric AUBERT , Thierry BLANCON .(2014). **Préparation physique**. Ed EPS, Paris.
- 20) <http://areaps.org/filiere-energetique/M5TestTub2/index.html>