

Testing et Préparation Physique : Un nouvel outil au quotidien

AVERTISSEMENT : ce recueil et son contenu sont protégés par le CODE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE

(Extrait du Code de la Propriété Intellectuelle)

Article L122-4

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un art ou un procédé quelconque.

Testing et Préparation Physique : Un nouvel outil au quotidien

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION	3
2.	RATIONALITÉ DES TESTS DE PERFORMANCE POUR LES SPORTS COLLECTIFS OU DE PUISSANCE.....	4
2.1	BÉNÉFICES POUR L'ATHLÈTE	4
2.2	BÉNÉFICES POUR L'ENTRAÎNEUR ET L'ÉQUIPE	5
2.3	APPLICATION DES TESTS	5
2.4	QUE MESURENT LES TESTS ?	6
2.5	QUE NE FONT PAS LES TESTS?	7
2.6	ADMINISTRER LA PROCÉDURE DE TESTS	7
3.	PHYSIOLOGIE DU MUSCLE, PUISSANCE ET FORCE.....	9
3.1	INTRODUCTION À LA STRUCTURE ET AU FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME NEUROMUSCULAIRE	9
3.1.1	<i>La contraction musculaire</i>	9
3.1.2	<i>Les fibres musculaires</i>	13
3.2	SYSTÈMES D'ÉNERGIE ET PROCESSUS	15
3.2.1	<i>La filière anaérobie alactique (ATP-CP)</i>	16
3.2.2	<i>La glycolyse anaérobie (anaérobie lactique)</i>	16
3.2.3	<i>La filière aérobie (système oxydatif d'énergie)</i>	18
3.3	FORCE ET PUISSANCE.....	20
3.3.1	<i>Force</i>	20
3.3.2	<i>Puissance</i>	26
4.	VITESSE	28
5.	AGILITÉ ET COORDINATION	33
6.	TEMPS DE RÉACTION	35
7.	TESTS DE FORCE EXPLOSIVE, DE VITESSE ET DE PUISSANCE.....	37
7.1	PROCÉDURES DE TESTS.....	37
7.2	TESTS AVEC MATÉRIEL	37
7.2.1	<i>Tests de force/vitesse</i>	38
7.2.2	<i>Tests de force explosive</i>	44
7.2.3	<i>Tests d'accélération et de vitesse</i>	50
7.2.4	<i>Tests d'agilité</i>	51
7.2.5	<i>Tests de temps de réaction</i>	54
7.2.6	<i>Tests de puissance anaérobie</i>	56
8.	ELABORATION DE PROGRAMME DE PRÉPARATION PHYSIQUE.....	60
8.1	PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT ATHLÉTIQUE.....	60
8.1.1	<i>Le sport</i>	60
8.1.2	<i>L'athlète</i>	61
8.1.3	<i>Le système d'entraînement</i>	61
8.2	PRÉPARATION DES GRANDS RENDEZ-VOUS DE PERFORMANCE.....	63
8.2.1	<i>Phase préparatoire</i>	64
8.2.2	<i>La phase de compétition</i>	64
8.2.3	<i>La phase de transition</i>	65
8.3	DES TESTS À L'ENTRAÎNEMENT OU COMMENT DÉVELOPPER LES QUALITÉS ATHLÉTIQUES	68
8.3.1	<i>L'ASDI</i>	68
8.3.2	<i>La surcompensation</i>	69
8.3.3	<i>Repos et récupération</i>	71
8.3.4	<i>Vitesse et accélération</i>	74
8.3.5	<i>Force</i>	76
8.3.6	<i>Rapidité et agilité</i>	78
8.3.7	<i>Endurance/vitesse</i>	79
8.3.8	<i>Combinaison entraînement aérobie avec vitesse, puissance et endurance vitesse</i>	81
9.	CONCLUSION.....	83
10.	BIBLIOGRAPHIE.....	84

1. Introduction

“ Tests et entraînement vont ensemble comme la main et le gant.

**L'évaluation à travers les tests est un processus dynamique qui déterminera la direction et le contenu de l'entraînement.
De plus, il est important d'élaborer des tests à chaque niveau du programme d'entraînement.”**

(Vern Gambetta, 2001)

En sport il existe de nombreuses philosophies d'entraînement et de coaching. Indifféremment de la philosophie, et dans la majorité des cas l'entraîneur, le préparateur physique et l'athlète utilisent des formes de tests pour mesurer et évaluer le programme d'entraînement. Si certains n'utilisent aucunes autres formes de tests que ceux de finir premier dans tout ce qu'ils font, la course est toujours un test. Bien que cela puisse fonctionner pour des épreuves individuelles comme le sprint, la validation par la compétition est insuffisante pour les sports d'équipe. D'autres entraîneurs et athlètes utilisent de grands laboratoires de tests, mais cela suppose des moyens financiers adéquats et une perte de temps conséquente. De plus, les tests en laboratoires ne se révèlent pas toujours fonctionnels et pratiques, car ils ne permettent pas toujours de dégager les spécificités physiologiques du sport considéré.

Une bonne connaissance de l'athlète et de son potentiel est requise, pour développer le programme d'entraînement sportif. Il est impossible, voire dangereux, d'organiser des programmes d'entraînement sans une connaissance des capacités de l'athlète et de son état de santé. Ceci requiert une évaluation organisée, systématique et méthodique. L'évaluation athlétique doit faire partie intégrante du programme d'entraînement. Les résultats des tests et leurs interprétations sont des valeurs intrinsèques du programme d'entraînement et permettent de valider les différentes étapes de la progression physique des athlètes. Toutes procédures d'évaluations et tous tests devraient avoir pour objectif la quantification de l'évolution, de la stagnation et/ou de la détérioration des performances de l'athlète.

Une bonne préparation des programmes de tests doit donc fournir orientation et direction pour rendre l'entraînement le plus efficient possible.

2. Rationalité des tests de performance pour les sports collectifs ou de puissance

L'héritage génétique est un important facteur déterminant le potentiel de l'athlète en sport. Il regroupe les caractéristiques anthropométriques (structure et dimension du corps), les propriétés cardiovasculaires, la proportion des différents types de fibres musculaires et la capacité de progression due à l'entraînement. Cependant, le volume et l'adaptation de l'entraînement préparatoire à la compétition influencent également les performances.

Tests et évaluations sont reconnus comme un mécanisme de réponses essentielles au développement des athlètes pratiquant les sports collectifs ou dit de puissance. Les tests établissent une ligne conductrice de base, pour mesurer les progrès entre chaque période et cycle d'entraînement. Ils se révèlent être des instruments inestimables pour le développement athlétique, le coaching et le contrôle de qualité des programmes d'entraînement.

2.1 Bénéfices pour l'athlète

1. Un programme de tests spécifique pour chaque sport informe sur les forces et faiblesses de l'athlète. Ils fournissent les données de base pour une individualisation du programme d'entraînement. Les sports collectifs impliquant plusieurs composants physiologiques, un programme d'entraînement bien défini peut isoler ces composants pour qu'ils soient analysés objectivement. Il sera alors possible de décrire un profil de performance de l'athlète qui sera utilisé pour mettre en place un programme d'entraînement optimal, principalement concentré sur les domaines de faiblesses identifiés.
2. Un programme d'entraînement bien défini fournit des réponses à l'entraîneur et l'athlète. Les résultats des tests sont comparés à ceux des tests précédents, ce qui fournit une base pour l'évaluation des programmes d'entraînement ou des périodes d'entraînement. Des tests validés confirment l'efficacité du programme d'entraînement en fonction des filières énergétique ciblées.
3. Un bon programme de tests est un facteur important qui fournit des informations sur l'état de santé de l'athlète. L'entraînement intensif à haut niveau est physiquement éprouvant et stressant, il peut générer des problèmes de santé. Les nombreuses blessures auxquelles sont soumis les sportifs peuvent avoir un effet déterminant sur les performances à long terme. De plus, le syndrome du surentraînement est assez fréquent chez les athlètes. Certains tests de performance permettent de déterminer ces problèmes, en complément d'examen physiques périodiques par les médecins de l'équipe.
4. Un programme de tests est toujours un processus d'éducation. L'athlète apprend à mieux comprendre les capacités de son corps par rapport aux demandes de son sport et de son entraînement.
5. Lorsque l'athlète comprend mieux les effets de l'entraînement sur son corps, et accroît ses capacités physiques, la motivation pour l'entraînement augmente. La certitude que l'entraînement augmentera ses performances lui permet de mieux accepter le programme d'entraînement dans lequel il s'impliquera d'autant plus.

2.2 Bénéfices pour l'entraîneur et l'équipe

Pour l'entraîneur, tester est un outil de grande valeur qui peut être utilisé de différentes façons pour :

1. Identifier les talents athlétiques en vue de recruter les meilleurs athlètes pour son équipe. Grâce à cette identification des capacités athlétiques, l'entraîneur peut sélectionner les meilleurs athlètes pour des positions données et des rôles adaptés à l'équipe.
2. Identifier des forces et faiblesses physiques des athlètes qui aideront l'entraîneur à développer de programmes d'entraînement individualisés plus efficaces, afin d'optimiser les performances de chacun.
3. Créer un profil d'équipe basé sur les forces et faiblesses détectées, et ainsi optimiser l'entraînement collectif de l'équipe.
4. Contrôler fréquemment les performances des athlètes, et gérer les charges de travail à chaque entraînement pour réduire ainsi les possibilités de sur ou de sous entraînement.
5. Contrôler la qualité du programme de développement de la force. L'entraîneur sera capable de préparer un entraînement adapté qui fournira les effets désirés sur les performances physiques des athlètes. La direction du club pourra également utiliser les résultats des tests pour analyser le niveau de l'entraînement, en les comparant à ceux des saisons précédentes.
6. Les utiliser comme tests fonctionnels dans le cadre de la rééducation de blessures sportives, et contrôler l'efficacité du processus. Ils peuvent jouer un rôle important pour déterminer le retour à la compétition.
7. Pour l'entraîneur, les tests sont toujours une phase d'éducation durant laquelle il apprendra plus sur les effets de l'entraînement, sur le corps des athlètes, leur performance et leur santé. Ce processus d'apprentissage pratiqué régulièrement lui permet de mieux préparer ses programmes et d'aider les athlètes à devenir plus performants. Cela peut être un facteur déterminant de réussite dans la carrière d'un entraîneur.
8. Au niveau des équipes de jeunes, fournir des résultats de tests cohérents aux parents, est une façon de leur démontrer la qualité du programme et de rendre compte des progrès effectués.

2.3 Application des tests

Lors de la planification d'un programme de tests, les caractéristiques suivantes doivent être considérées:

1. Les variables à tester sont importantes pour le sport concerné. Elles doivent être pertinentes pour chaque sport et mesurer des facteurs importants de la discipline.
Les sports collectifs sont des sports de rupture avec des phases de mouvement et d'arrêt. Ils demandent des capacités de vitesse, accélération, force explosive et agilité. Les tests évaluent toutes ces variables mais aussi les capacités aérobies.
2. Les tests appliqués sont valides et fiables. Un test est valide quand il mesure ce qu'il prétend mesurer. Un test est fiable lorsque ses résultats sont cohérents et reproductibles. Un test valide et fiable doit aussi pouvoir différencier les athlètes par rapport au niveau de leur performance, âge, sexe et capacités quand elles sont testées.
3. Les protocoles de test doivent être le plus spécifique possible et doivent fournir des informations sur les performances et capacités de l'athlète en fonction du sport pratiqué. Ils mesurent les capacités physiques cruciales du sport concerné, mais aussi les demandes physiques spécifiques. Ceci requiert généralement une forme de tests sur le terrain où les conditions de validité et de fiabilité s'appliquent.

4. Les tests sont rigoureusement contrôlés. Pour créer une base de données cohérente permettant la comparaison des résultats d'un athlète d'une session de tests à l'autre, ou d'une équipe à une autre, les tests doivent être effectués de la même façon à chaque fois. L'environnement et la situation générale des tests doivent être entièrement standardisés : instruction pour chaque tests, exercices et/ou échauffements préalables, ordre des tests, temps de récupération, environnement (température, humidité, terrain), ainsi que le matériel utilisé pour les tests (installation, calibrage). En outre, l'état de santé et de préparation physique de chaque athlète doit être enregistré, car ils ont un impact considérable sur les résultats des tests. Il est souvent recommandé une standardisation du jour précédent les tests (intensité et volume des activités et récupération).
5. Les droits de l'athlète sont respectés. Avant les tests, l'athlète doit avoir une compréhension totale de l'objectif recherché. Il doit aussi comprendre les risques liés à leur réalisation. En ce qui concerne les jeunes athlètes ou enfants, il est recommandé que les parents aient une information sur les protocoles de tests appliqués. La meilleure solution est d'obtenir le consentement écrit des parents ou tuteurs de l'enfant. Les résultats relèvent du secret médical et doivent rester confidentiels.
6. Les tests doivent être répétés régulièrement. La fonction principale de ce processus de tests est de contrôler le programme d'entraînement. Une seule session ne fournit que très peu d'information ce à l'athlète ou à l'entraîneur. Les tests doivent être reproduits à des intervalles réguliers suivant les différents cycles d'entraînement. Une application standardisée selon le schéma suivant permettra de valider les cycles :
 - Evaluation Diagnostique en début de cycle : pour mettre en avant les carences
 - Evaluation Formative, entre et à la fin de chaque microcycle : pour évaluer les performances des athlètes à chaque stade de la préparation et la pertinence des séances.
 - Evaluation Sommative en fin de cycle : pour valider le programme d'entraînement

Il est souvent utile de suivre les capacités de performance de l'athlète par des contrôles périodiques à l'aide d'un groupe de tests pour les performances "essentiels", qui permet de détecter les variations des performances cruciales telles la force explosive et la vitesse. Ces bilans sont généralement effectués lors de changement de microcycle du programme d'entraînement (cf. évaluation formative), durant des séances d'exercices normaux, sur des bases hebdomadaire ou même quotidienne.

7. Les résultats sont interprétés immédiatement par l'athlète et l'entraîneur. L'un des aspects les plus importants de l'évaluation des performances athlétiques est d'éduquer. L'interprétation des résultats permet d'atteindre les objectifs suivants
 - Motivation : l'athlète sera d'autant plus motivé qu'il en découvrira les résultats avec un transfert d'effort réalisé sur les essais suivants (critère de validité)
 - Education: l'interprétation des résultats selon les exigences physiologiques et/ou biomécaniques du sport concerné, aidera l'athlète et l'entraîneur à mieux comprendre les effets de l'entraînement sur l'accroissement des performances.

2.4 Que mesurent les tests ?

Le test final pour tout athlète est la compétition ou le match. L'athlète doit rassembler tout ce qu'il a pour pouvoir gagner ! En sport collectif, avant la compétition il est bon de savoir si l'entraînement à porté ses fruits, et de connaître le niveau de performance et de fatigue afin d'adapter une stratégie de jeu cohérente, en rapport du degré de forme de l'équipe.

Les tests permettent à l'entraîneur de mesurer les facteurs spécifiques qui sont retenus comme important dans le sport en question. Une fois ces facteurs mesurés et évalués, ils permettront la mise en place d'un programme afin d'améliorer les capacités de performance physique de l'athlète.

2.5 Que ne font pas les tests?

Ce sont des outils pour l'entraînement et non des instruments magiques pour prédire qui seront les futurs champions ou les médaillés d'or. Même si les tests fournissent énormément d'information sur les athlètes et l'équipe et qu'ils aident à l'identification des talents athlétiques, ils ont de strictes limites en ce qui concerne l'identification et la prédiction de talents potentiels. Les scientifiques ne savent pas encore comment déterminer les limites génétiques et les capacités de progression des athlètes. Cependant la mise en place d'une base de données sur du long terme pourrait leur permettre de dégager certains facteurs physiologiques discriminants pour l'atteinte du haut niveau.

Il existe aussi des limites sur la façon dont les différents tests stimulent les demandes physiologiques de chaque sport. Il faut garder à l'esprit que les performances des athlètes dans tout sport sont la combinaison de nombreux facteurs et la fonction physiologique, si importante soit elle, ne peut être totalement déterminante. Il n'est donc pas recommandé de prévoir de future performance basée sur un unique test physiologique, particulièrement dans les sports où les composants techniques, tactique et psychologiques, ainsi que les interactions de l'adversaire, physiques et psychologiques, jouent un rôle si important.

Néanmoins, des tests de performance bien conduits, valides et fiables, contribuent au succès des programmes d'entraînement.

2.6 Administrer la procédure de tests

Avant toute session de tests, certaines conditions doivent être considérées :

1. **Planification** : avant de tester, un plan doit être élaboré par rapport aux objectifs des tests afin de déterminer le type de données à retenir. L'entraîneur ou le préparateur physique qui conduit la session de tests, doit avoir une démarche cohérente qui lui permettra de mettre en place par la suite un programme de qualité. Une fois déterminé l'objet des tests et le type de données obtenu, la méthode d'enregistrement des résultats choisie doit permettre l'interprétation.
2. **Lieu et sécurité** : le lieu du déroulement doit être choisi et inspecté permettant des tests fiables et sûrs. Le lieu doit présenter un sol ou une surface propre à la réalisation de tests. La température et l'éclairage doivent aussi être appropriés. Un espace suffisant doit être prévu et tout obstacle probable doit être dégagé du site. De plus, les personnes encadrant la session de tests doivent être familiarisées avec les procédures d'urgence et au moins être diplômé d'un brevet de secourisme. Plus important, les personnes plus expérimentées doivent superviser avec diligence l'intégralité de la session de tests.
3. **L'équipement** : avant l'exécution des tests, il est important d'acquérir ou de louer un équipement approprié, de contrôler son bon fonctionnement et de maîtriser sa manipulation. Rien n'est plus décourageant pour les entraîneurs et athlètes qu'un équipement mal maîtrisé ou incertain.
4. **Echauffement** : l'échauffement préalable à la session de tests a deux fonctions importantes:
 - **Prévention de blessures** : même s'il existe très peu d'information quant à la diminution des risques de blessure associés aux exercices d'échauffement, il est raisonnable de croire que l'augmentation simultanée de la température et de l'élasticité du muscle, diminuera les blessures durant les tests.
 - **Préparation mentale** : les exercices d'échauffement permettent à l'athlète de se focaliser sur les demandes physiques requises par les tests. Il est important de standardiser l'échauffement à l'image de la session de tests pour assurer la cohérence des résultats et la répétabilité de la session de tests.

L'échauffement doit inclure un échauffement général de faible intensité pour accroître la température des muscles ; des exercices d'échauffement spécifiques reproduisant les tests à accomplir pour augmenter la transmission neuronale nerveuse et la production de force ; et des étirements des groupes musculaires qui vont être testés. Attention de ne pas accomplir d'étirements sur des périodes trop étendues, les performances de vitesse et de force explosive en seraient affectées.

5. Familiarisation : de nombreux athlètes ont une expérience limitée des tests de force et de vitesse, utilisant les technologies modernes. De plus, le test peut être vécu comme une situation inconfortable provoquant de l'anxiété, si les athlètes ne sont pas habitués à être testés. Les sujets novices amélioreront vraisemblablement leurs résultats lors des sessions de tests suivantes. Grâce à l'effet d'apprentissage, ils accroîtront la maîtrise du geste demandé. Une séance de familiarisation permettra d'assurer la véracité des résultats sur la prochaine session.

3. Physiologie du muscle, puissance et force

Entraîneurs ou spécialistes des sciences du sport peuvent fournir bien des définitions sur la force. Toutefois, avant de pénétrer dans le domaine de la physiologie, les entraîneurs ont besoin de comprendre la terminologie de base qui lui est propre. L'utilisation de la même terminologie limitera les confusions et rend l'assimilation d'informations complexes plus aisées. De plus, les entraîneurs pourront parler du sujet de façon plus précise avec leurs athlètes, collègues et préparateurs physiques.

3.1 Introduction à la structure et au fonctionnement du système neuromusculaire

3.1.1 La contraction musculaire

Pour pouvoir comprendre et apprécier pleinement les capacités de l'athlète à produire force, puissance et vitesse, pour être capable de planifier un programme d'entraînement, et sélectionner les exercices les plus efficaces pour accroître ces qualités, il est vital de comprendre la structure et le fonctionnement du système neuromusculaire. Cette connaissance aidera les entraîneurs et les préparateurs physiques à trouver des informations supplémentaires dans des manuels de physiologie.

Le corps humain est construit autour du squelette qui associé aux muscles et aux ligaments forme un formidable système de levier. Les os sont reliés entre eux par les articulations permettant les divers types de mouvements. Les articulations comprennent trois moyens d'union pour assurer l'emboîtement des pièces osseuses. On distingue la capsule, sorte de manchon fibreux qui entoure complètement l'articulation renfermant la synovie ; les ligaments, bandes plus ou moins larges de tissus fibreux qui renforcent, en certains points la capsule ; les muscles qui croisent l'articulation et dont le tissu constitue un puissant élément d'union. Les muscles relient au moins deux pièces osseuses par leurs insertions. Ces extrémités constituent les tendons qui s'insèrent en général sur le périoste de l'os. Les muscles représentent à peu près 40 % de la masse corporelle.

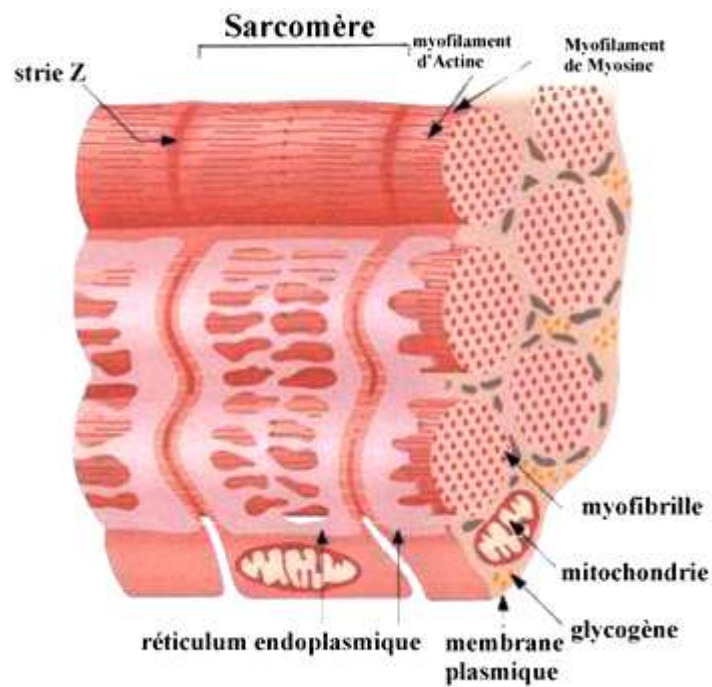
Figure 1 : Complexe biomécanique



Le corps charnu constitue la partie contractile du muscle. Il est composé de l'ensemble des fibres musculaires (unité de base du muscle), accolées les unes aux autres. Il est enveloppé (et cloisonné) par du tissu conjonctif élastique appelé aponévrose. Les fibres musculaires de 10 à 100 microns de diamètre et dont la longueur peut atteindre 30 cm se caractérisent par la présence de bande transversales claires et sombres régulièrement alternées. Chaque fibre contient un grand nombre d'éléments cylindriques : les Myofibrilles. Les stries transversales des myofibrilles comprennent au niveau de chaque unité fonctionnelle (ou sarcomère) deux types de filaments :

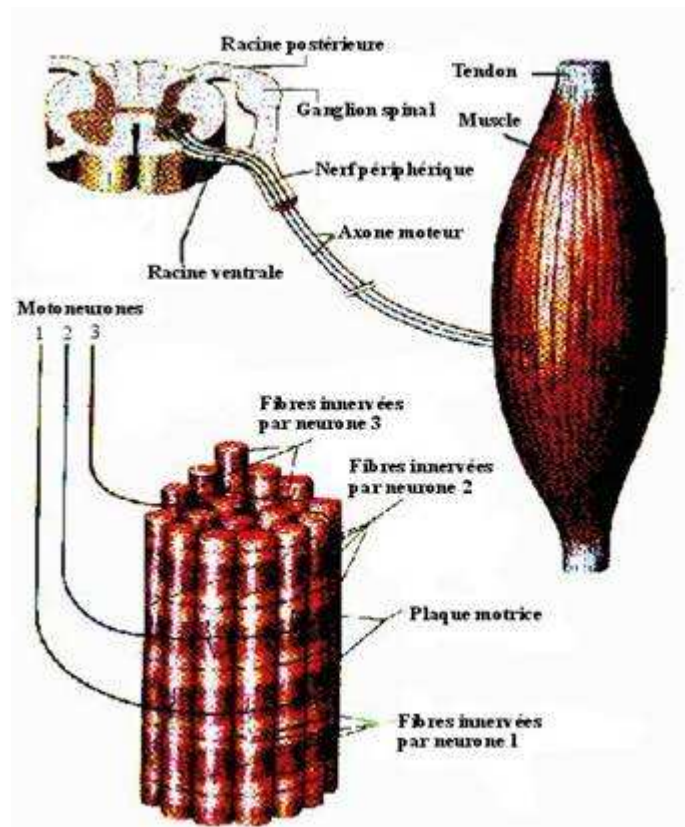
- les myofilaments épais (ou Myosine) occupant la partie moyenne du sarcomère et correspondant aux bandes sombres ;
- les myofilaments minces (ou Actine), fixés aux deux extrémités du sarcomère sur la structure appelée Strie Z.

Figure 2: Organisation d'une fibre musculaire



La force et la vitesse dans le corps humain sont produites par un mécanisme complexe. Les contractions volontaires sont initiées dans la partie motrice du cerveau. Cette partie du cerveau contrôle les mouvements volontaires. Depuis la partie motrice l'ordre de créer un mouvement passe à travers la moelle épinière via les neurones moteurs jusqu'au muscles nécessaires pour générer la force de manière à mouvoir la partie du corps désiré.

Figure 3 : Représentation schématique du système neuromusculaire



Un simple neurone moteur agit sur un groupe de cellules musculaires au sein du muscle. Ce groupe de cellules musculaires est appelé une unité motrice qui est la plus petite unité fonctionnelle du muscle. Le nombre de fibres musculaires dans une seule unité motrice peut varier selon le contrôle requis : de quelques fibres musculaires pour le muscle intrinsèque de l'œil, jusqu'à près de 1900 pour les jumeaux du triceps sural. Quand l'ordre de contraction musculaire arrive aux unités motrices, elles répondent au principe de "tout ou rien" – soit elles seront toutes activées ou aucune d'entre-elles ne le sera. En outre, l'impulsion nerveuse doit être supérieure au seuil d'excitation minimal. A ce moment, toutes les fibres musculaires vont se contracter au maximum.

Chaque fibre qui se contracte transforme par un processus complexe de l'énergie chimique en énergie mécanique. L'étape ultime des échanges d'énergie dans la cellule musculaire est représentée par la dégradation de l'ATP qui fournit l'énergie nécessaire aux pontages des myofilaments de myosine et d'actine pour créer un déplacement : c'est l'étape mécanique.

Avant d'arriver à cette étape ultime, plusieurs étapes ont été nécessaires :

- un influx nerveux : phénomène électrique
- une libération de l'acétylcholine, du calcium et la dégradation de l'ATP : phénomènes chimiques

Au repos la membrane cellulaire, ou sarcolemme, présente entre sa face interne et sa face externe une différence de potentiel stable. Lors de la commande nerveuse, l'acétylcholine libérée au niveau des terminaisons nerveuses, ou plaque motrice, provoque une inversion de ce potentiel qui se propage très rapidement le long et à l'intérieur de la fibre.

Chaque filament de myosine est entouré par six filaments d'actine, et chacun de ceux-ci l'est par trois filaments de myosine. La myosine, en forme de club de golf, présente au niveau de son extrémité globulaire deux sites capables respectivement :

- de se combiner à l'actine
- de dégrader les molécules d'ATP ; Cette activité ATPasique étant renforcée par la présence d'actine.

Enroulées autour des filaments d'actine, deux protéines, la troponine et la tropomyosine jouent aussi un rôle important dans la régularisation de la contraction et du relâchement musculaires.

Cet ensemble constitue les véritables pistons et cylindres de la fibre striée. Leur interaction entraîne le raccourcissement des sarcomères et de la fibre entière. Le force qui en résulte agit sur les leviers osseux par l'intermédiaire des éléments élastiques du muscle (tendons et tissu conjonctif) et engendre le mouvement.

Au niveau du réticulum sarcoplasmique sont disposés des « réservoir » de calcium : les citernes. Lors du passage du potentiel d'action, la dépolarisation provoque une perméabilité aux ions calcium (Ca^{2+}) qui diffuse alors dans le milieu intérieur de la fibre, et se fixe électivement sur les sites récepteurs de la troponine.

Le relâchement tient à la présence des deux protéines régulatrices : la troponine et la tropomyosine. De part sa position, la tropomyosine s'oppose à la combinaison spontanée de la myosine et de l'actine et inhibe la contraction. Ce blocage est sous l'étroite dépendance de la présence ou de l'absence de calcium qui se fixe sur la troponine. L'ensemble troponine calcium déplace la molécule de tropomyosine, l'inhibition est provisoirement levée. L'ATP peut alors se fixer sur le site ATPasique de la protubérance de la myosine et libérer son énergie potentielle.

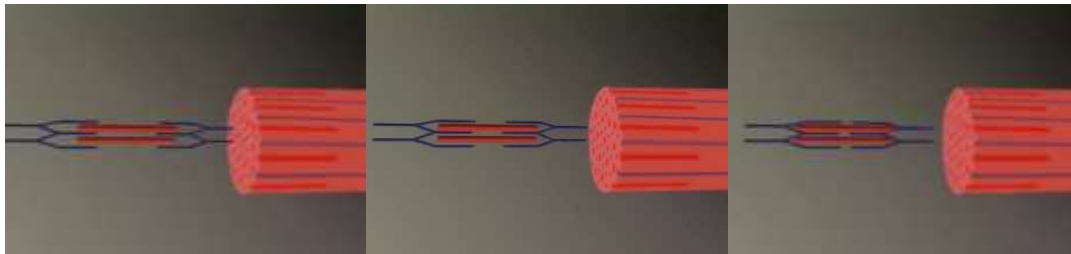
Le raccourcissement du muscle strié résulte des mouvements des filaments, les uns par rapport aux autres, ceux de myosine glissent entre les filaments d'actine à la façon de coup d'aviron.

Les protubérances de la myosine s'ancrent aux filaments d'actine par la formation de ponts d'union et les tirent. Ces derniers glissent les uns sur les autres en s'emboîtant.

Ce mouvement élémentaire qui se produit de multiples fois au cours de la contraction requiert chaque fois l'énergie libérée par la segmentation de la molécule d'ATP.

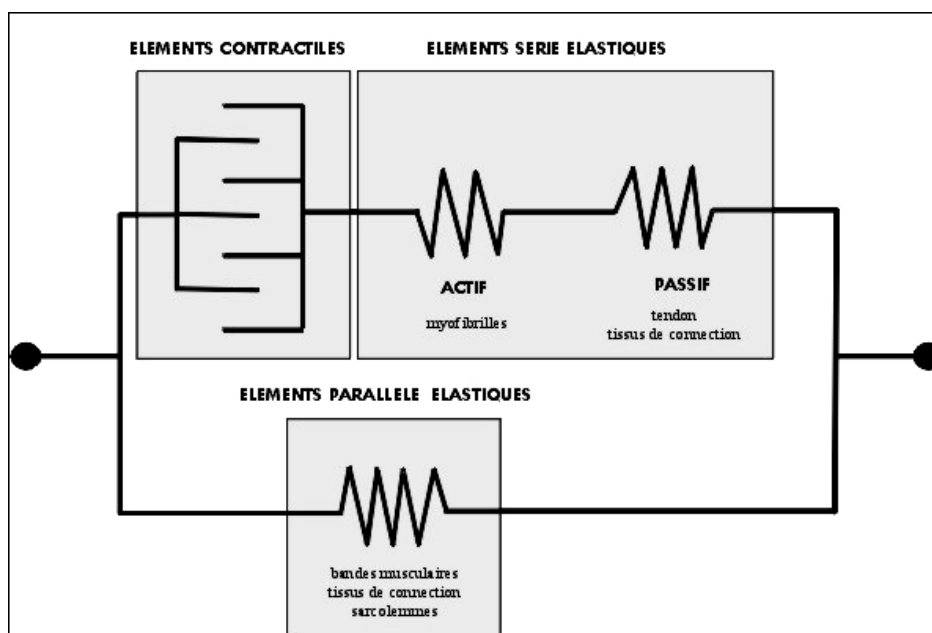
Le relâchement est obtenu par le retour du calcium à l'intérieur du réticulum sarcoplasmique. Ce transport de calcium du cytoplasme vers les citernes est un phénomène actif qui requiert aussi de l'énergie. Cette énergie provient de même de la segmentation de l'ATP. La succession des étapes de la contraction musculaire suppose la présence constante de molécules d'ATP à liaisons potentiellement riches en énergie.

Figure 4 : Contraction musculaire et glissement des ligaments



Comme nous l'avons vu précédemment, le muscle est constitué d'éléments contractiles et de tissus de connection élastique. Les tissus de connection se répartissent en deux catégories : la série passive élastique et les composants parallèles élastiques. Les composants de la série passive sont les tissus de connection et les tendons. D'un point de vue mécanique, ces éléments travaillent en série avec les structures de contraction (myofibrilles). Ils transmettent la force générée des éléments contractiles vers les leviers du squelette, les os. Les composants parallèles élastiques composés de tissus de connections, de bandes musculaires (muscle fascia) et des sarcolemmes sont positionnés parallèlement aux éléments de contraction. Tous ces éléments élastiques jouent un rôle important ; ils permettent d'amortir des variations brusques de contractions ; ils absorbent et mettent ainsi en réserve de l'énergie qui pourra être restituée ensuite. La réserve d'énergie s'effectue durant l'étirement du muscle et la restitution durant la contraction musculaire suivante. C'est le cycle d'étirement contraction (CEC) [stretch-shortening (SSC)]. Ce phénomène existe dans pratiquement tous les mouvements de puissance exécutés dans les sports où la contraction excentrique (phase d'étirement ou stretching) précède la phase concentrique (phase de contraction). Entre les deux, se réalise une très courte phase isométrique. La phase de CEC contribue de façon significative à la production de force par le muscle en favorisant la contraction concentrique.

Figure 5 : Combinaison des éléments de contraction et des composants élastiques

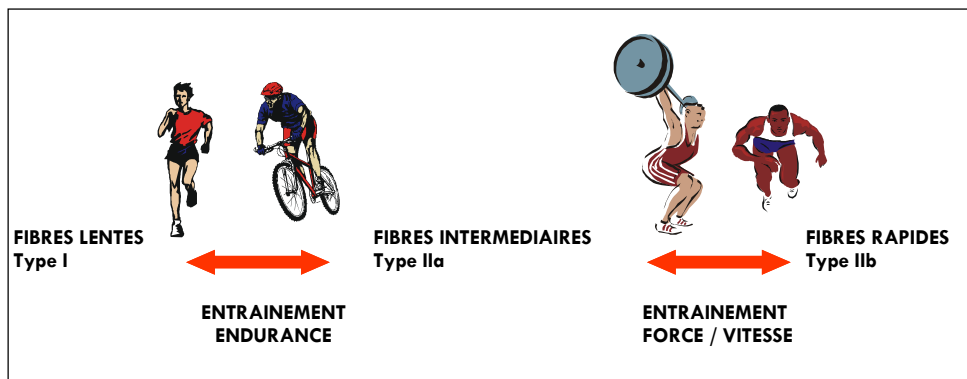


3.1.2 Les fibres musculaires

Fibres lentes et fibres rapides du muscle

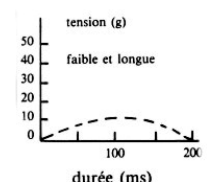
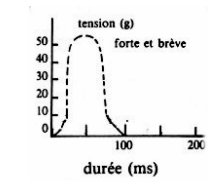
Il y a une différence à faire entre les muscles et les fibres musculaires qu'ils possèdent. Un muscle contient deux types de fibres musculaires : fibres lentes (ST, type I) et fibres rapides (FT, type II). Les fibres rapides du muscle peuvent être divisées en deux types IIa et IIb. Les fibres de type IIa sont intermédiaires et peuvent devenir des fibres musculaires aérobie (type I) selon le genre de stimulus qu'elles reçoivent. Ces fibres ont une meilleure capacité d'endurance que les fibres de type IIb. Les "vraies" fibres musculaires rapides sont de type IIb : elles sont complètement anaérobies et explosives par nature.

Figure 6 : La capacité d'adaptation des fibres musculaires intermédiaires (type IIa)



Les fibres musculaires lentes sont relativement lentes à produire la tension maximum (force). Elles sont de taille généralement plus petite (section transversale) que les fibres rapides. Quoiqu'il en soit, les fibres lentes sont très résistantes à la fatigue, notamment par leur capacité à produire de l'énergie en aérobie. Les fibres lentes ont un seuil de stimulation très bas pour déclencher la contraction. Cela signifie qu'elles sont activées plus facilement que les fibres rapides. Les fibres rapides ont une plus grosse section transversale car elles ont une plage de contraction plus importante. Un très haut seuil de stimulation est nécessaire à leur activation, mais elles génèrent une bien plus grande tension (force) que les fibres lentes. Les fibres rapides se fatiguent facilement puisqu'elles dépendent principalement de la production d'énergie en anaérobie. Un résumé des propriétés des fibres musculaires est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1 : Classification des unités motrices modifiée à partir de Häkkinen, 1990

Structure et fonction	Lentes (type I)	Rapides (type II)
Taille du nerf moteur	Petite	Grande
Excitabilité du nerf moteur	Lente	Elevée
Nerf moteur	Fin	Epais
Vitesse de transfert du nerf moteur	Lente	Rapide
Vitesse de transfert	Lente	Rapide
Vitesse de transfert de l'action potentielle dans la membrane du muscle	Lente	Rapide
Nombre de fibres musculaires dans une unité moteur	Faible	Elevée
Fréquence de l'échauffement	Faible	Elevée
Vitesse de relaxation des fibres musculaires	Lente	Rapide
Production de force	Faible	Elevée
Propriétés contractiles		
Activité des enzymes en anaérobie	Lente	Rapide
Activité des enzymes en aérobie	Rapide	Lente
Activité ATPasique de la myosine	Faible	Elevée
Source de la production d'ATP	Oxydation (mitochondrie)	Glycolyse anaérobie
Activité des enzymes de la glycolyse anaérobie	Faible	Elevée
Activités des enzymes aérobie (cycle de Krebs)	Très élevée	Faible
Couleur liée au contenu de myoglobine	Rouge, élevé	Blanche, faible
Stocks de glycogène	Faible	Elevée
Nombre de capillaires	Elevée	Faible
Nombre de mitochondries	Elevée	Faible
Fatigabilité (à sollicitation maximale)	Peu fatigable	Très fatigable

Les unités motrices sont composées de fibres musculaires. Chaque unité motrice a uniquement le même type de fibres musculaires. Ceci signifie que les unités motrices peuvent être divisées en deux catégories, les unités lentes et les unités rapides. Leurs propriétés sont identiques à celles des fibres musculaires dont elles sont constituées. Chaque muscle est composé des deux types d'unités motrices et de fibres musculaires. De façon générale les muscles sont constitués approximativement pour moitié de fibres rapides et de fibres lentes. Quoi qu'il en soit, nous savons que la distribution des types de fibres musculaires varie entre les muscles et entre les personnes. Dans le tableau suivant sont énumérés des exemples sur la distribution des fibres musculaires au niveau du muscle Vaste Externe de la cuisse chez des athlètes masculins de différents sports.

Tableau 2 : Distribution des fibres musculaires rapides selon différents sports (Adopté par Häkkinen, 1990, et Wilmore & Costill, 1994)

Sport	% fibres musculaires rapides
Sprint	60 – 76 %
Saut en hauteur	60 – 65%
Haltérophilie	54 - 60 %
Hockey sur glace	50 %
Handball	50 %
Football	45 – 60 %
Course de fond	20 – 40%
Ski de fond	37 – 42 %
Non athlètes	53 %

3.2 Systèmes d'énergie et processus

Quand un exercice intense commence, une grande demande se focalise sur le processus de production d'énergie dans les muscles. L'augmentation de la demande d'énergie peut être 1000 fois supérieure au repos. Au début de l'exercice l'accent est placé sur le processus non oxydatif. Ce dernier est communément décrit comme la production d'énergie en anaérobie, sans apport d'oxygène. Le but de tout le système de production d'énergie dans le muscle est de produire de l'ATP (adénosine triphosphate) qui est la seule source d'énergie que les cellules du corps humain peuvent utiliser pour fonctionner.

L'adénosine triphosphate (ATP) est la source d'énergie immédiate pour toutes les contractions musculaires. La molécule d'ATP est formée d'une molécule d'adénosine assemblée à trois molécules de phosphate. Les bonds chimiques effectués entre les molécules de phosphate sont chargés d'énergie. L'énergie est générée lorsque l'ATP est "cassée" et se transforme en ADP (adénosine diphosphate) en libérant des ions phosphate : Pi.

La présence d'ATP est donc la condition de travail musculaire. Mais l'organisme ne dispose que d'une réserve extrêmement réduite d'ATP. Un effort maximal l'épuise en 1 à 2 secondes. Cependant le niveau des nerfs n'accuse qu'une discrète diminution au début de l'activité et tant par la suite à se stabiliser. Au cours d'un exercice physique, le taux d'ATP est renouvelé au fur et à mesure de sa dégradation. Ce mouvement cyclique de dégradation et de synthèse est sous la dépendance de trois processus complémentaires :

- le processus anaérobie alactique
- le processus anaérobie lactique
- le processus aérobie

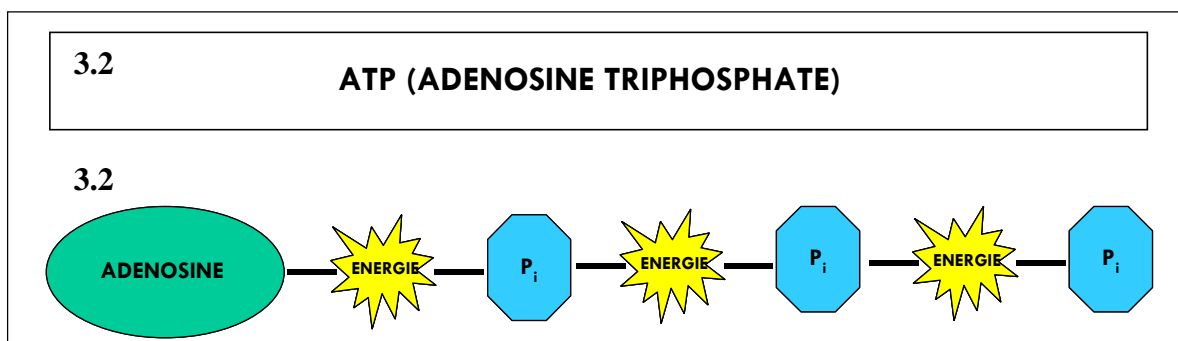
Chacun d'entre eux se caractérisent par :

- un délai d'intervention
- une puissance ou une quantité maximale d'énergie
- une réserve totale d'énergie disponible
- un rendement
- des facteurs limitants

Au repos ou lors d'activités de faibles intensités, la fibre musculaire tire son énergie de son approvisionnement en substrat (glucides et lipides) et en oxygène véhiculé par le sang.

Lorsque les besoins en oxygène sont débordés soit en début d'exercice lorsque le chaîne de transporteurs d'oxygène (poumon, sang, cœur, vaisseau sanguin, diffusion cellulaire...) ne s'est pas adaptée, soit au cours d'exercices très intenses, selon la durée de ces exercices, la cellule peut faire appel aux deux autres filières anaérobie.

Figure 7 : Décomposition d'une molécule d'ATP



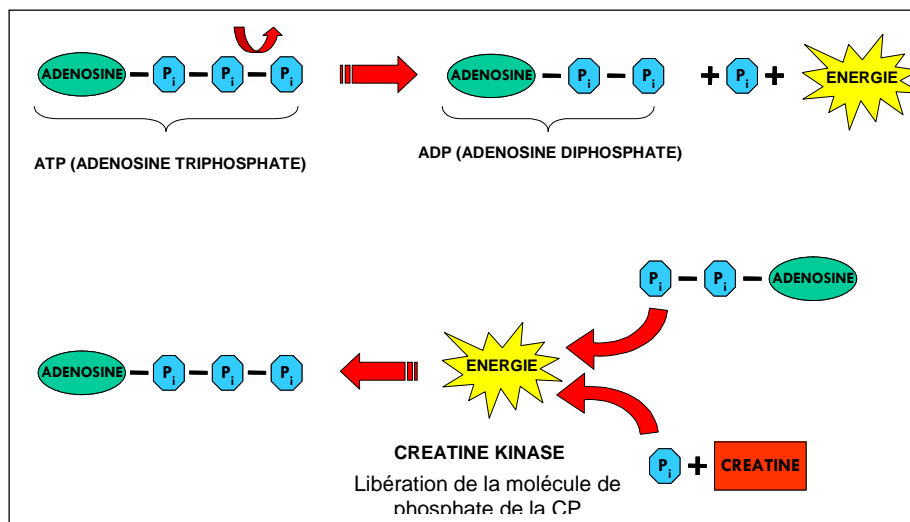
3.2.1 La filière anaérobie alactique (ATP-CP)

La filière anaérobie alactique recouvre l'ensemble des réactions qui assurent la synthèse de l'ATP en absence d'oxygène et sans production de lactates.

Le système ATP-CP est le plus rapide de tous les systèmes de production d'énergie car il est lancé très rapidement et produit une énergie prête à être utilisée pour des exercices intenses. L'ATP-CP ou système d'énergie alactique utilise les interactions de l'ATP et de la CP (créatine phosphate) en réserve intracellulaire. Les molécules d'ATP produisent de l'énergie grâce à l'enzyme ATP ase qui catalyse la transformation de l'ATP en ADP avec libération d'une molécule de phosphate. Les bonds chimiques produits dans le groupe de phosphate contiennent l'énergie qui est libérée lors de la séparation du phosphate. Il en résulte une molécule d'ADP.

La CP qui libère son énergie presque aussi rapidement que l'ATP ne peut cependant pas la mettre directement à la disposition des systèmes contractiles du muscle. Pour ce faire, elle a besoin d'une enzyme la Créatine PhosphoKinase (CPK) qui lui permet de céder un phosphate à l'ADP pour reformer de l'ATP (cf réaction 2 de la figure 8).

Figure 8 : Energie produite par l'ATP et processus de resynthétisation de l'ATP (Modifié à partir de Wilmore & Costill, 1994)



La synthèse de l'ATP peut être aussi réalisée par condensation de deux molécules d'ADP en présence de l'enzyme MyoKinase (MK):

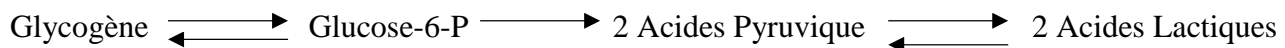


La formation de molécule d'ATP selon ce mécanisme n'apparaît que lorsque la concentration en ATP est très abaissée et celle de l'ADP élevée. Le rôle essentiel de la myokinase est d'activer un autre mode de synthèse de l'ATP : La glycolyse anaérobie.

3.2.2 La glycolyse anaérobie (anaérobie lactique)

Le système d'énergie glycolytique est enclenché après un temps relativement court suivant des exercices intenses. La glycolyse anaérobie recouvre la chaîne des réactions qui permettent la synthèse de l'ATP par dégradation du glucose (sucre) sans utilisation d'oxygène et avec production finale d'acide lactique. Il peut être constaté une considérable production de lactate, dans des exercices d'une durée comprise entre 10 et 20 secondes La dégradation d'une molécule de glucose ou de glycogène se déroule selon un processus complexe nécessitant de nombreuses étapes.

Durant la glycolyse, la molécule de glycogène passe par une série de transformations : du glucose à l'acide lactique en passant par l'acide pyruvique.



La dégradation du glucose-6-P permet la libération d'ions phosphate utilisé par l'ADP pour la synthèse d'ATP :

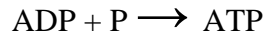
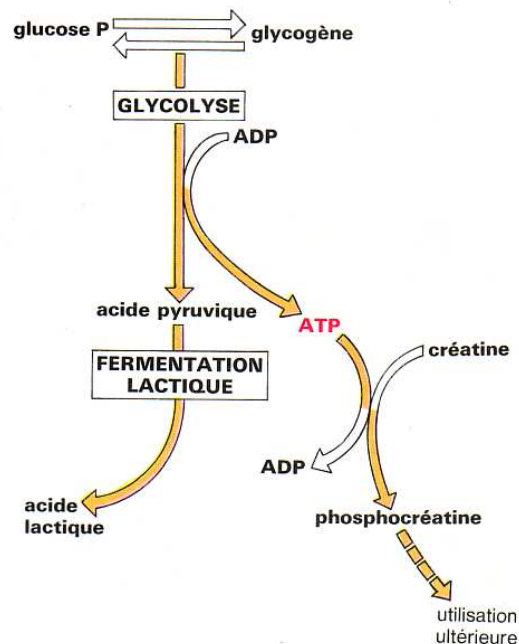


Figure 9 Schéma de la glycolyse



L'accumulation d'acide lactique dans le muscle cause une importante acidification des fibres musculaires. Ceci ralentit la transformation du glycogène et l'énergie produite par la glycolyse est diminuée. De plus, l'accumulation d'ions d'hydrogène (H⁺) diminue la capacité de production de force durant les contractions musculaires avec une baisse de la synthèse de l'ATP en empêchant la formation de passerelles entre l'actine et la myosine.

L'accumulation d'acide lactique dans les muscles est graduellement libérée dans le sang. Cette accumulation d'acide lactique s'accroît très rapidement : plus de 25 fois supérieur au niveau de récupération lors d'un exercice intense d'une minute ! La production de lactate est plus importante dans les fibres musculaires rapides de type IIa et IIb qui sont spécialisées dans la production d'énergie en anaérobie.

La reprise de l'activité cellulaire nécessite l'élimination de l'acide lactique produit. Une partie, estimée à 50% environ, diffuse hors de la cellule dans le plasma. Le sang le véhicule vers le myocarde, grand consommateur de lactate, dans le foie où il est retransformé en glycogène et vers les reins qui l'éliminent. L'autre partie, lorsque l'apport d'oxygène devient suffisant, peut redonner du pyruvate grâce à la réversibilité de la réaction. L'acide lactique n'est donc pas qu'un déchet qui limite l'activité cellulaire, mais peut dans certaines circonstances améliorer les réserves en énergie potentielle de la cellule.

La glycolyse n'a pas besoin d'oxygène. Mais, la disponibilité et l'utilisation d'oxygène sont déterminantes pour l'acide pyruvique : si l'oxygène n'est pas disponible, l'acide pyruvique est transformé en lactate. La glycolyse ne produit pas un grand nombre d'ATP. Puisque il est lancé très rapidement pour les exercices de haute intensité, il est actif presque simultanément au système ATP-CP. Ensemble, ces deux systèmes d'énergie sont capables de satisfaire les besoins d'un exercice très intense durant la première minute.

3.2.3 La filière aérobie (système oxydatif d'énergie)

Le troisième et plus complexe des systèmes de production d'énergie cellulaire est le système oxydatif d'énergie. Comme son nom le suggère, il utilise de l'oxygène et c'est un processus en aérobie. Ce processus se déroule dans des composants spécifiques des cellules du muscle – les mitochondries. Les mitochondries peuvent être décrites comme les usines d'énergie des cellules.

Durant l'effort les muscles ont besoin d'un apport constant d'énergie pour produire la force sur une période de temps étendue. Contrairement aux deux systèmes d'énergie en anaérobie, le système oxydatif est capable de produire de grande quantité d'énergie. Par contre il est très lent par rapport aux systèmes anaérobies. Le système oxydatif est la méthode de production d'énergie de base pour la récupération et les événements d'endurance. Ainsi, le corps doit être très efficace dans son apport d'oxygène aux muscles en action.

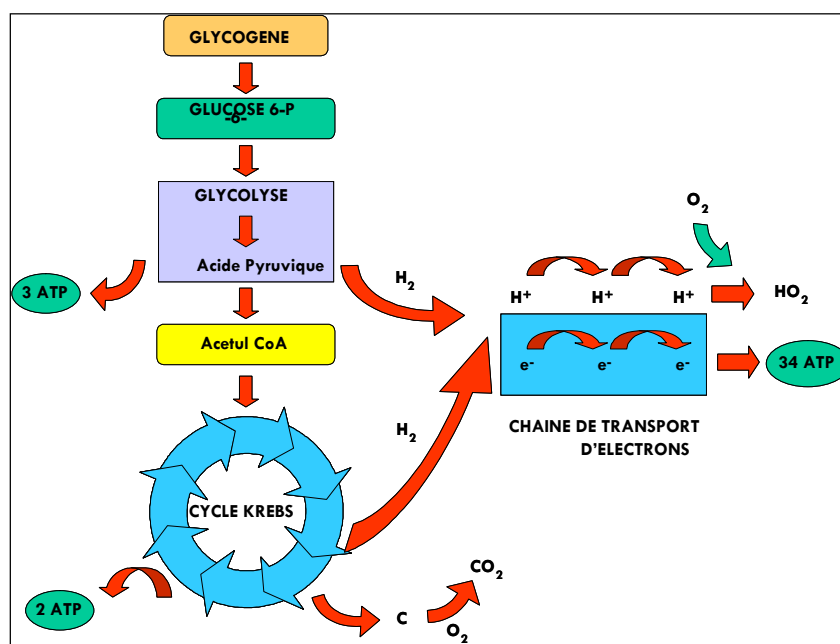
Dans la production d'énergie, les hydrates de carbone (glucose) sont utilisés comme carburant. Lipides et protéines peuvent aussi être utilisés dans certaines circonstances mais ils doivent être chacun transformé en hydrate de carbone (glucose) avant que la production d'énergie ne commence. La glycolyse comme présentée précédemment est un système de production d'énergie en anaérobie qui est lancé très tôt dans les exercices intenses pour produire de l'ATP. Le seul produit final de la glycolyse est l'acide pyruvique. La disponibilité d'oxygène détermine le sort de l'acide pyruvique : conversion en acide lactique et lactate lorsqu'il n'y a pas d'oxygène disponible, ou combinaison au Coenzyme A pour donner l'Acetyl coenzyme A (acetyl CoA).

L'Acetyl CoA entre dans le processus du cycle de Krebs dans lequel les molécules vont être oxydées par une série complexe de réactions chimiques. A la fin du cycle de Krebs, deux ATP sont formés. De plus, l'hydrate de carbone est transformé en hydrogène et en carbone qui va se combiner avec l'oxygène pour former du CO₂. Le CO₂ est évacué du corps par les poumons.

L'hydrogène ainsi généré lors de ces différentes transformations va être évacué grâce à un processus appelé chaîne de transport d'électrons.

Les atomes d'hydrogène sont séparés en protons et électrons. A la fin de ce processus, les protons (H⁺) sont combinés avec l'oxygène pour former de l'eau H₂O. On observe parallèlement la formation d'un grand nombre d'ATP (34 au total) et la réduction du niveau d'acidité dans les cellules musculaires.

Figure 10 Schéma du processus d'oxydation (selon Wilmore & Costill, 1994)



Une fois les exercices intenses commencés, tous les systèmes d'énergie sont activés simultanément. L'intensité de l'exercice et la demande d'énergie déterminent l'intervention du système d'énergie adéquat.

Figure 11 : Intégration des systèmes d'énergie durant une exercice de haute intensité (Selon Bouchard et Al. 1991)

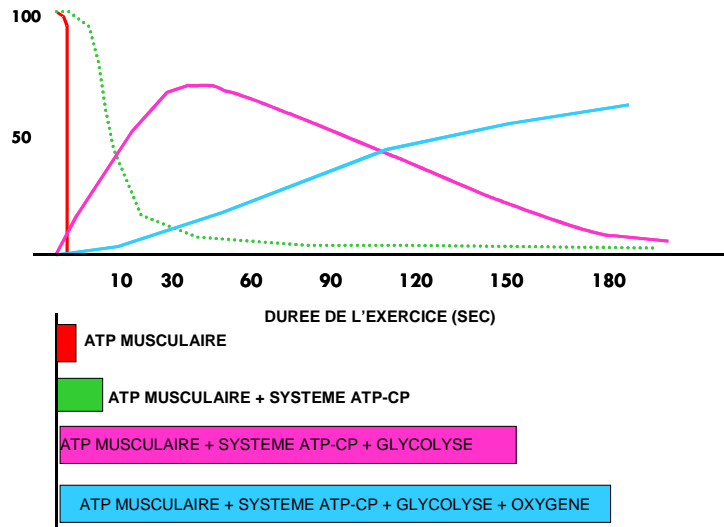
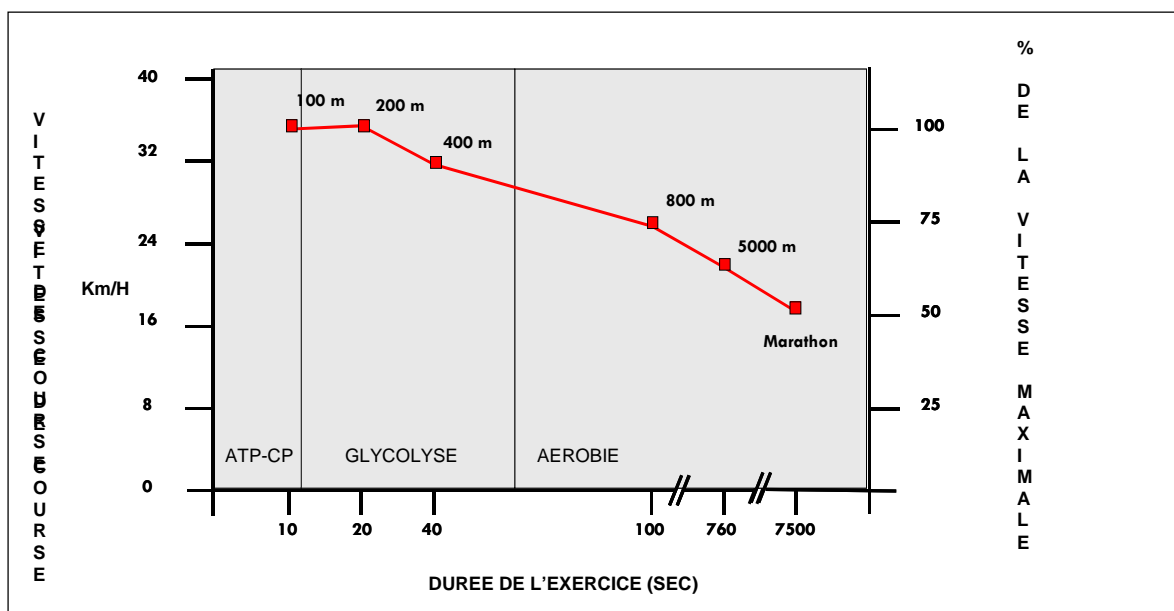


Tableau 3 : Contributions relatives des systèmes d'énergie durant un exercice d'intensité maximal (selon Powers & Howley, 1991)

Durée des exercices									
%	10 s	30 s	60 s	2 min	4 min	10 min	30 min	60 min	120 min
Anaérobie	90	80	70	60	35	15	5	2	1
Aérobie	10	20	30	40	65	85	95	98	99

Figure 12 Principaux systèmes d'énergie utilisés durant les épreuves de courses (selon The Nicholas Institute of Sports Medicine and Athletic Trauma, 1996-2002)



3.3 Force et puissance

L'importance de la force dans les performances athlétiques varie considérablement d'un sport à l'autre. En sport d'équipe, la force (explosive), la puissance et la vitesse partagent leur importance avec l'endurance spécifique du sport. Néanmoins, dans les sports collectifs modernes, la force explosive et la vitesse sont considérées comme des facteurs dominants et plus que jamais déterminants.

Il est aussi très important de comprendre le contexte correct de la terminologie pour pouvoir communiquer efficacement entre entraîneurs et surtout avec les athlètes. Les termes de force et puissance sont souvent utilisés de façon incorrecte à l'entraînement. Une confusion courante est de croire que force et puissance signifie la même chose. Sans prendre en compte leur lien réciproque, force et puissance sont deux mesures différentes qui doivent avoir des interprétations différentes.

3.3.1 Force

La force est la capacité du système neuromusculaire à produire volontairement de la force sous certaines conditions données. La force musculaire est vitale pour l'efficacité du mouvement. Elle fournit la stabilité, assure l'intégrité des articulations, et prévient les risques de blessures de l'appareil musculaire. Une force musculaire adéquate est aussi une condition préalable pour une capacité d'apprentissage moteur efficace et de maîtrise dans un sport quelque soit le niveau de compétition.

On distingue 4 types de force :

- Force absolue : la force maximum qu'un athlète peut produire avec une partie du corps ou dans son ensemble, sans prendre en compte la dimension du corps ou du muscle.
- Force dynamique : capacité de production de force à travers une série d'exercices et pendant une période de temps donnée.
- Force explosive : la capacité de production de force au cours d'une action explosive et rapide ou d'une série de mouvements soudains tel le saut.
- Force relative : la force maximum qu'un athlète peut produire par rapport à sa masse corporelle.

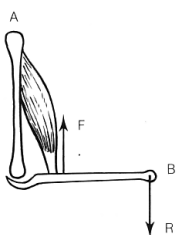
La force est produite durant les contractions musculaires qui permettent le déplacement ou la fixation de l'os autour des articulations, c'est-à-dire le mouvement. Les os jouent en fait le rôle de leviers mobiles sur lesquels les muscles par leur action mécanique transmettront la force à un objet. Nous allons ainsi développer les différents aspects de la relation entre les contractions musculaires et la production de force, dans les paragraphes suivants.

Les différents types de contractions musculaires

L'étude du squelette, des articulations et des muscles montre que les os jouent le rôle de leviers mobiles sur lesquels les muscles agissent d'une façon mécanique.

Lors de la contraction, le muscle développe une force F qui tend à rapprocher entre elle les deux extrémités osseuses A et B. Si l'on suppose l'extrémité A immobilisée et que l'on applique une force extérieure R de sens opposé à F au niveau de B, trois éventualités peuvent se présenter :

Figure 13 : Contractions musculaires

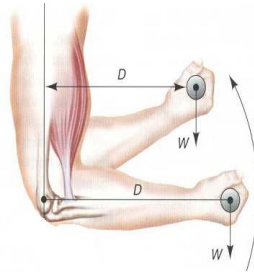


- $F=R$: la force musculaire équilibre la charge, il n'y a pas de déplacement de B. La contraction est dite statique ou isométrique.
- $F>R$: la force musculaire est plus forte, le muscle se raccourcit, il y a rapprochement de B vers A. La contraction dynamique est concentrique
- $F<R$: la force musculaire est plus faible, le muscle s'allonge, il y a éloignement de B. La contraction dynamique est excentrique.

a) Contractions musculaires dynamiques

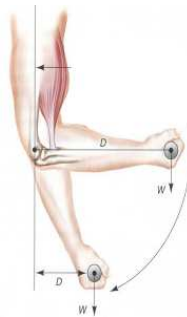
Le seul type de contraction du muscle est son raccourcissement. Durant la contraction musculaire, rappelons que c'est grâce aux passerelles formées entre les filaments de myosine et d'actine, que le raccourcissement s'opère. Les filaments d'actine sont tirés par les filaments de myosine, vers le centre du sarcomère. Ainsi, le muscle se rétrécit et l'angle de l'articulation diminue créant un mouvement dans le membre dynamique vers le haut. Ce type de contraction musculaire est appelé concentrique.

Figure 14 : Contraction concentrique



Dans des mouvements dynamiques, les muscles peuvent exercer une force durant l'allongement, appelée contraction excentrique. Ce type de contraction se réalise lorsqu'un poids très lourd dépasse la force du muscle. Un exemple de cette situation est celui d'un exercice de levée de poids où l'athlète tient un haltère dans ses mains et essaie d'effectuer l'exercice sans pouvoir plier le coude. L'haltère oblige une extension du coude bien que l'athlète résiste. Dans ce cas, les passerelles sont formées comme pour une contraction concentrique. Le poids de l'objet fait changer l'angle de l'articulation et cause l'allongement du muscle, tirant les filaments d'actine plus loin du centre du sarcomère.

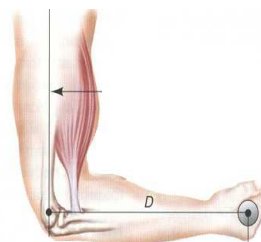
Figure 15 : Contraction excentrique



b) Contraction statique ou isométrique

Dans une contraction musculaire statique ou isométrique arrive ce qui a été décrit auparavant : les passerelles de myosine se forment entre les filaments d'actine et de myosine et les passerelles sont recyclées pour produire de la force. Ici, les filaments d'actine ne sont pas tirés par les filaments de myosine, le muscle ne se rétrécit pas. Au dehors, la tension musculaire est développée et la force est appliquée à l'objet. Mais l'angle de l'articulation ne change pas. Aussi, la longueur du muscle reste constante. Ce cas est commun lorsque l'on veut essayer de déplacer un objet immuable ou trop lourd. Si la force surpasse la résistance, la contraction statique devient dynamique.

Figure 16 Contraction statique ou isométrique



La production de force

La production de force est la base fondamentale de toute activité physique. La force de la personne reflète la capacité de ses muscles à produire et générer de la force. La force musculaire dépend de plusieurs facteurs :

- Nombre d'unités motrices activées
- Type d'unités motrices activées
- Section transversale du muscle (taille)
- Longueur du muscle au point d'activation
- Angle de l'articulation
- Rapidité de la contraction musculaire

a) Activation et type d'unités motrices

Les fibres musculaires dans l'unité motrice se contractent au maximum, si l'impulsion nerveuse dépasse le seuil. Pour générer plus de force, les unités motrices doivent être activées. Les fibres lentes et leurs unités motrices sont les premières à être activées car leur seuil d'activation est moins élevé que celui des fibres rapides. Pour être capable de générer plus de force, l'impulsion nerveuse devra être suffisamment forte pour recruter les unités motrices lentes et rapides.

La mobilisation des unités motrices durant la contraction musculaire est asynchrone. De ce fait elles ne sont pas activées en même temps. La raison en est que chaque unité motrice est contrôlée par un neurone moteur différent. Lorsque les unités motrices sont activées à des moments différents, l'impulsion de force est distribuée sur une période de temps plus longue. Lorsque les unités motrices sont activées simultanément l'impulsion de force est répartie sur une période de temps plus courte, avec pour résultat plus de force développée. L'optimisation d'une synchronisation de recrutement des unités motrices ne peut être donnée que par l'apprentissage moteur. Un travail basé sur la force et/ou sur la plyométrie assurera une activation efficiente des unités motrices.

Figure 17 La mobilisation des fibres musculaires dans la production de force (Wilmore & Costill, 1994)

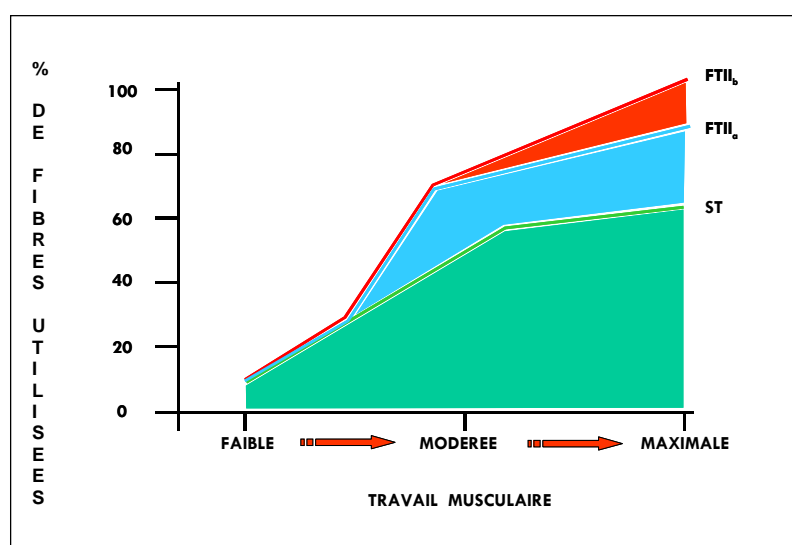
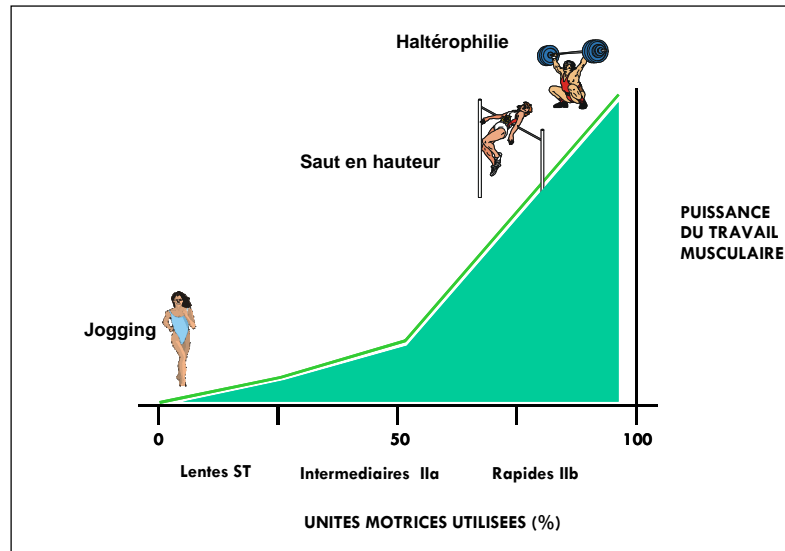


Figure 18 : Mobilisation des unités motrices
(Modifiée à partir de Enoka, 2002)



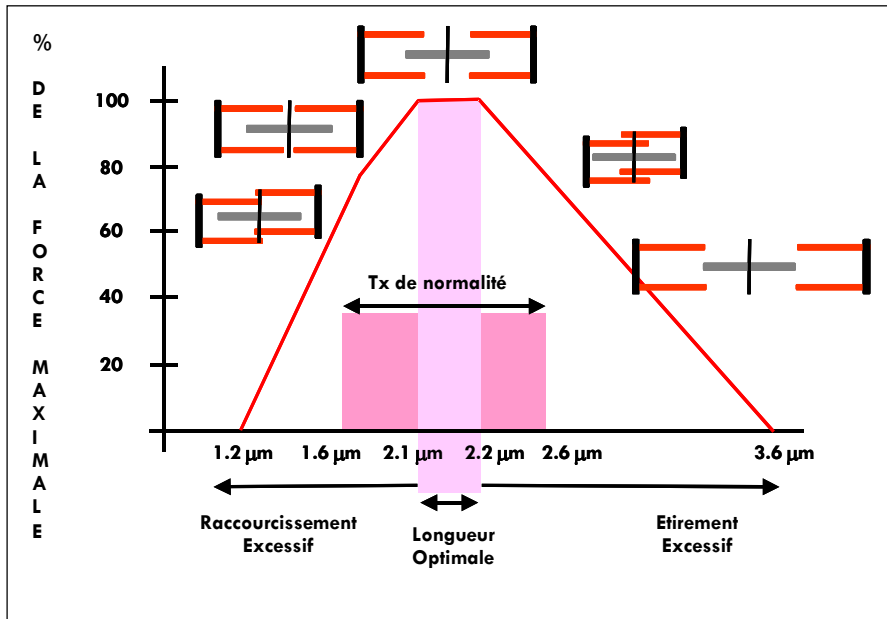
b) Taille de la section transversale du muscle

Les plus grands muscles produisent plus de force que les petits, ceci est le résultat direct du nombre d'unités motrices disponibles pour l'activation : les plus grands muscles possèdent plus d'unités motrices et de fibres musculaires que les petits muscles. La section transversale du muscle peut être accrue par des procédures d'entraînements appropriés. La croissance du muscle est aussi appelée hypertrophie. L'entraînement va concentrer les unités motrices et les fibres musculaires selon la spécificité de l'entraînement : violence et grande vitesse de contractions musculaires viseront les unités motrices rapides (type II) et leurs fibres musculaires. Force lente et faible vitesse de contractions musculaires recruteront les unités motrices lentes (type I) et leurs fibres musculaires.

c) La longueur du muscle à son point d'activation

La force produite par la plus petite unité de contraction, le sarcomère, dépend de la distance de contraction. Quand le sarcomère est capable de se contracter sur une plus longue distance, plus de passerelles peuvent être formées entre la myosine et l'actine et plus la force produite par les sarcomères est grande. Cependant un étirement du sarcomère à l'extrême, réduit la capacité de production de force de façon significative car les passerelles ne peuvent plus être constituées (ou très peu) entre la myosine et l'actine. De même lorsque la longueur du sarcomère est réduite au minimum, la formation des passerelles est très peu d'espace et la production de force est compromise.

Figure 19 Longueur du sarcomère contre production de force (Martini, 1998)

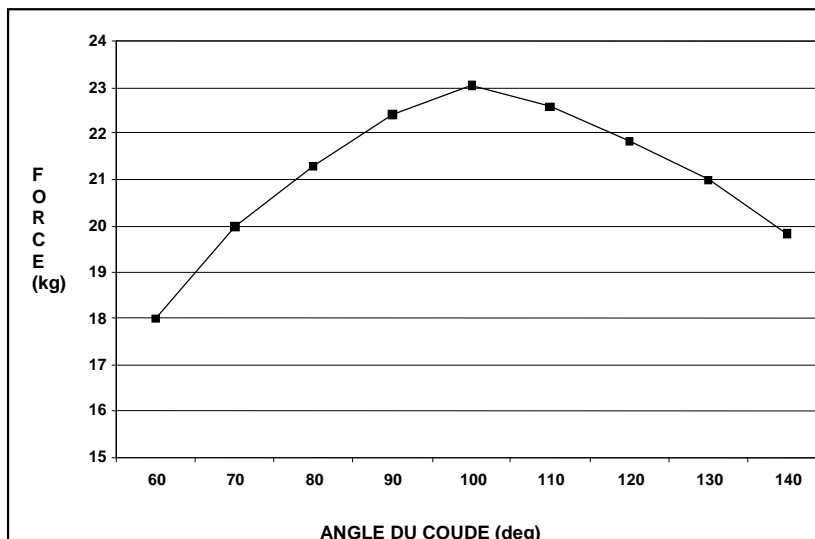


Le muscle et les tissus de connection relatifs ont des propriétés élastiques. Quand ces tissus sont étirés, l'énergie de l'étirement est emmagasinée. Si la contraction musculaire suit immédiatement, l'énergie de cette élasticité est libérée pour accroître la production de force. Les mesures montrent que les muscles peuvent augmenter leur production de force après étirement, de près de 20%.

d) Angle d'articulation

L'angle d'articulation affecte la production de force en altérant la longueur du muscle et l'angle d'étirement. La production de force varie selon l'articulation, son angle et l'exercice (Figure 19). Aussi, l'angle de l'articulation affectera les voies d'activation des unités motrices selon l'avantage mécanique du muscle durant des contractions isométriques (Van Zyulen et al, 1998). Cela doit être pris en compte pour les procédures de tests et les programmes d'entraînement.

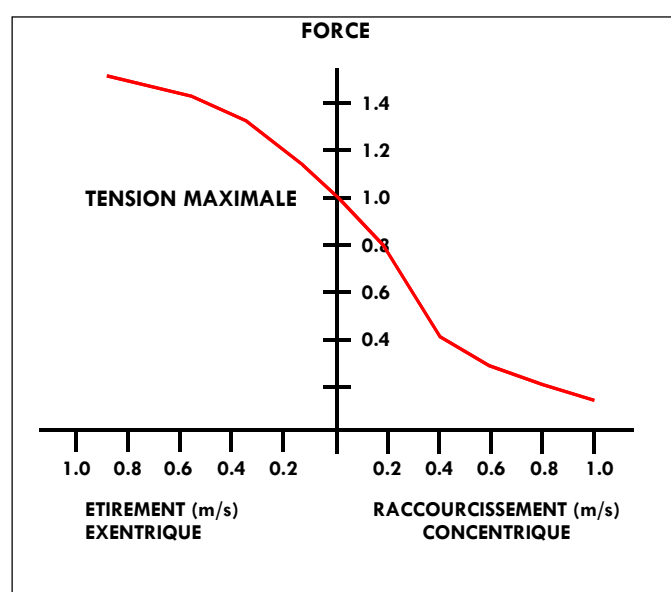
Figure 20 Les effets de l'angle d'articulation sur la force isométrique maximale durant la flexion du coude (modifiée à partir de Sigh & Karpovich, 1966)



e) Vitesse de contraction musculaire

Le développement de la force dépend aussi de la vitesse de contraction musculaire. Pendant les contractions concentriques (raccourcissement du muscle), la force du muscle diminue d'autant que la vitesse de contraction augmente. Le développement de la force est au contraire accru lors des contractions excentriques quand le muscle s'allonge : plus rapide est la vitesse de contraction, plus de force est développée. Cela signifie pour produire une force maximum durant les contractions concentriques, une vitesse de contraction plus lente est nécessaire. Plus grande est la force concentrique – plus lente est la vitesse de contraction. Lors des contractions isométriques quand la vitesse est nulle, la force musculaire est à son maximum.

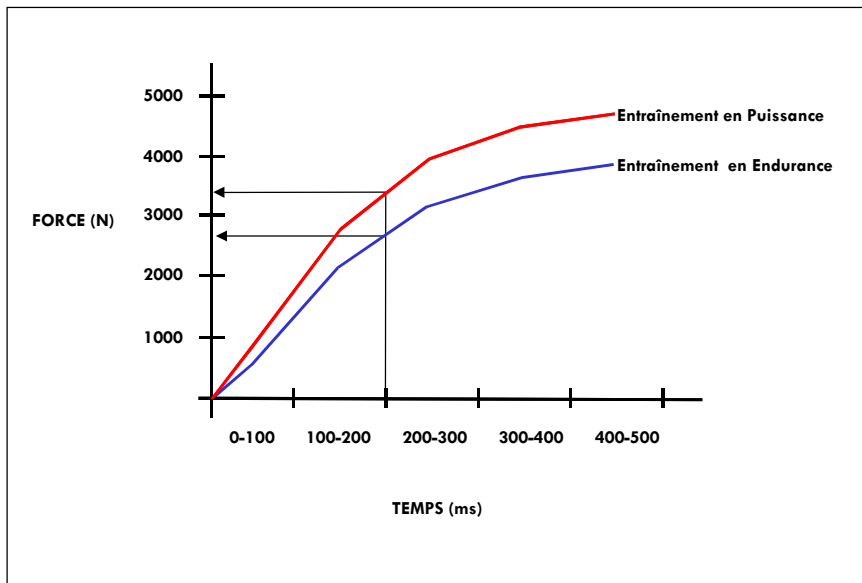
Figure 21 Relation entre longueur du muscle et production de force
(Modifiée à partir de Åstrad & Rodahl, 1985 et Wilmore & Costill, 1994)



Le taux de développement de force (TDF)

Le taux de développement de force (TDF) mesure la rapidité de développement de la force. Pour la plupart des événements athlétiques, le TDF est un facteur plus important que la capacité de production de force maximum absolue, puisque la plupart des mouvements en sport s'effectuent dans un intervalle de temps très bref. Le TDF illustre le niveau d'activation des muscles dans le système neuromusculaire. Plus le TDF est grand, plus grande la force explosive pourra être exercée par l'athlète. Le TDF est évalué par le rapport entre force produite et temps. Il dépend de la capacité de l'athlète à activer les unités motrices des muscles, ainsi que du nombre de fibres musculaires rapides, de leur taille et de la section transversale des muscles utilisés. Naturellement, l'entraînement aura un très grand impact sur le TDF des athlètes. Les athlètes sollicitant leurs capacités de puissance, ont un TDF supérieur aux athlètes qui se consacrent à l'endurance ou les individus non entraînés.

Figure 22 TDF des athlètes selon le programme d'entraînement (puissance ou endurance) (Kyröläinen, 1995)



3.3.2 Puissance

La puissance est le taux auquel le travail est fait. Le travail est le produit de la force appliquée à un objet sur une distance donnée. Le travail n'est pas limité dans le temps.

Cette définition incorpore le travail (W), la force (F), et la distance ou le déplacement (d), la Puissance (P) est donnée par :

$$P = W / t$$

(Avec $W = F \times d$)

Pour illustrer cette notion, prenons l'exemple suivant (tab 4) : deux athlètes effectuent une performance de puissance ; ils sont de même taille et de même masse corporelle (85 kg), soulevant une haltère d'un poids de 100 kg sur une distance égale de 150 mètres. L'athlète 1 soulève l'haltère en 0,6 seconde et l'athlète 2 en 0,8 seconde.

Tableau 4 Deux athlètes effectuant une performance de puissance

	<i>Athlète 1</i>	<i>Athlète 2</i>
Masse corporelle (kg)	85	100
Poids soulevé (kg)	100	100
Distance (m)	1.50	1.50
Travail (J)*	1471.50 J	1471.50 J
Durée de la performance (s)	0.60	0.80
Puissance (W)**	2452.50 W	1839.38 W
Puissance relative (W/kg)	28.9 W/kg	21.6 W/kg

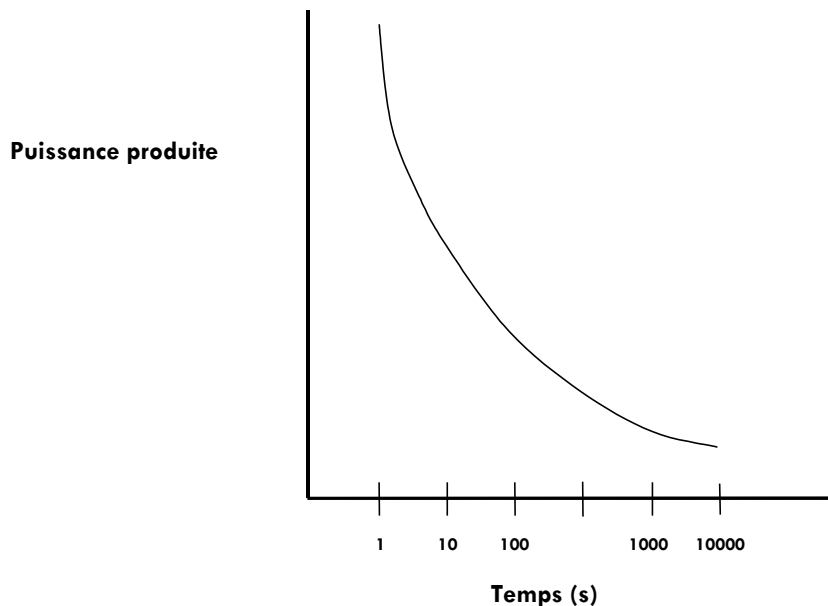
* Le travail est calculé selon la formule : $W = (F = m \times a) \times d$ soit $100 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 1.50 \text{ m}$

** La puissance est calculée usant la formule : $P = W/t$

Les athlètes ont réalisé le même travail mais l'athlète 1 qui a mis 0.2 sec de moins développe une puissance supérieure de 611 Watts.

De ce point de vue, tout mouvement peut être analysé en terme de puissance puisque les paramètres de travail, distance et temps sont présents. A l'entraînement, le terme de puissance est limité aux activités réalisées entre une fraction de seconde et quelques secondes, et pour lesquelles un fort TDF est nécessaire. La puissance a donc deux composants : force et vitesse et diminue à mesure que l'activité s'accroît.

Figure 23 La puissance maximum exprimée décroît quand la durée de l'activité augmente (Mc Ginnis, 1999)



Puisque la puissance est étroitement associée aux exercices de très courte durée, les systèmes d'énergie associés sont l'ATP-CP et la glycolyse. Cette notion nous permet de définir deux modes de travail sur la filière anaérobie :

- **Puissance anaérobie** : le niveau de travail maximum produit utilisant le métabolisme d'énergie anaérobie, sur un intervalle de temps allant de quelques secondes à une minute.
- **Capacité anaérobie** : travail total développé durant un exercice de haute intensité utilisant le système d'énergie anaérobie.

Puissance et capacité anaérobie à court terme : définie comme le travail total développé durant un exercice de haute intensité sur un maximum de 10 secondes. Cette performance est alactique, elle utilise tout d'abord le système d'énergie ATP-CP et reçoit le support du système d'énergie glycolytique. La plus grande puissance exprimée par seconde devrait être très proche de la puissance maximale instantanée.

Puissance et capacité anaérobie à moyen terme : définie comme le travail total développé durant un exercice de haute intensité sur un maximum de 30 secondes. Un exercice de haute intensité durant 30 secondes utilise une forte proportion d'énergie glycolytique, des composants alactiques notables (15 %) et une production d'énergie aérobie d'à peu près 15 %.

Puissance et capacité en anaérobie à long terme : définie comme le travail total développé durant un exercice de haute intensité sur un maximum de 90 secondes. Durant ce type d'exercice, l'énergie provient des systèmes d'énergie anaérobie et aérobie. Un exercice de haute intensité durant 90 secondes est considéré comme la durée maximale pour estimer la capacité de performance anaérobie, utilisant complètement le système d'énergie anaérobie. Mais, les tests de performance athlétique sont rarement effectués sur cette durée.

4. Vitesse

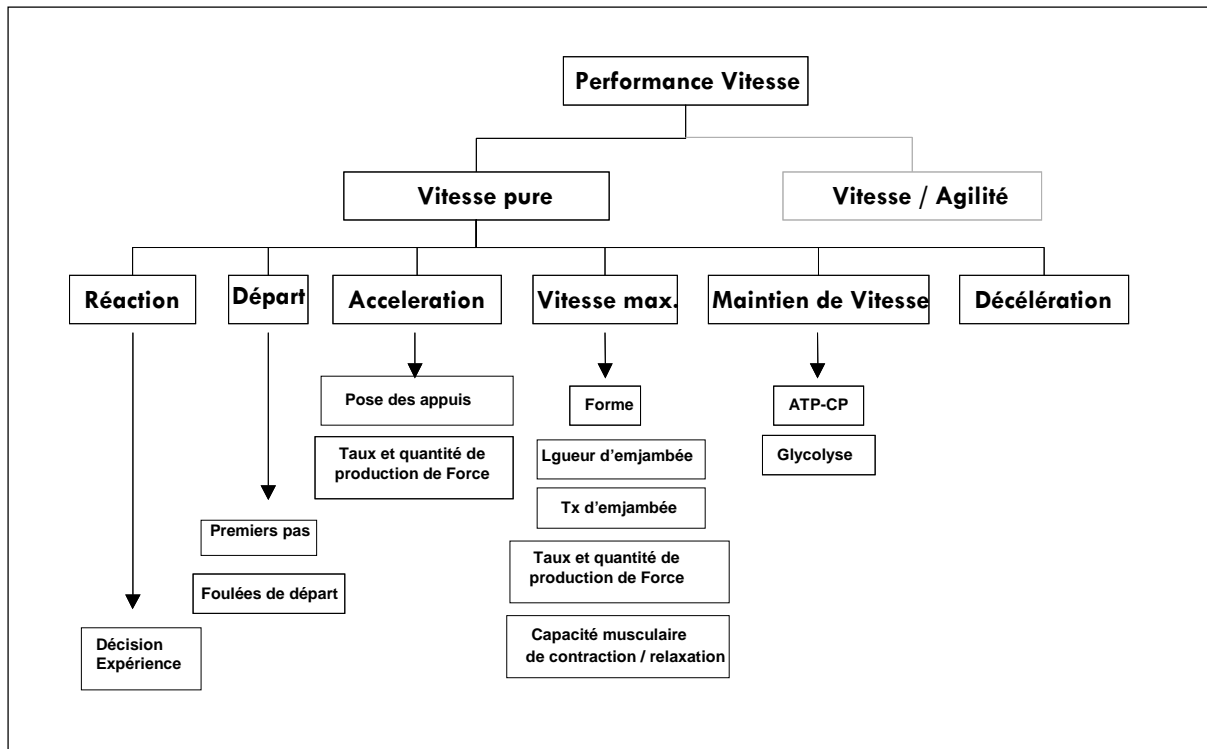
**“La vitesse est la plus prisée de toutes les qualités athlétiques. Aucun autre composant de la performance sportive n’est peut être autant directement lié au succès...
... Grâce à la pratique, la vitesse est une tâche motrice qui peut être apprise et améliorée.”**
(Vern Gambetta & Gary Winckler, 2001)

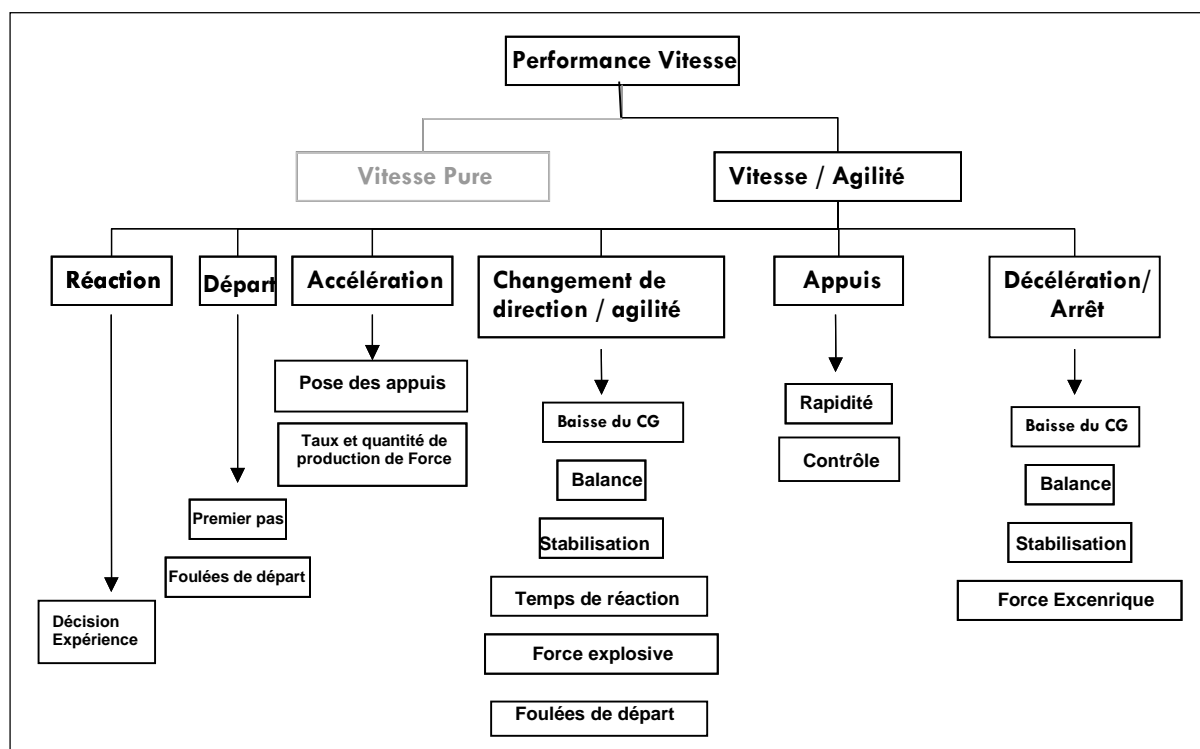
Tout entraîneur, athlète ou supporter, est capable d’identifier et de nommer le(s) joueur(s) ou athlète(s) le plus rapide de son équipe ou des équipes adverses. La vitesse spécifique au sport rend tout athlète et de toute équipe plus redoutable pour ses adversaires.

Il n’y a pas de morphotype standard pour les performances de vitesse. Les athlètes extrêmement rapides ont des tailles, des dimensions et des formes corporelles bien différentes.

Par vitesse, on entend la capacité de l’athlète à accélérer jusqu’à sa vitesse maximale et à la maintenir pour un temps ou une distance donnée. Sprint ou performance de vitesse sont le produit du taux d’enjambées et de leurs longueurs.

Figure 24 : Les composants de la vitesse en sport : sprint en ligne droite (vitesse) et déplacement latéral (vitesse/agilité) (modifié à partir de Gambetta, 2000)





La performance en vitesse inclue les phases suivantes :

1. Démarrage ou initiation du mouvement

L'initiation du mouvement est la réaction au stimulus du départ. En athlétisme, c'est le coup de pistolet. En sport d'équipe, cela peut être une passe d'un coéquipier, la perte du ballon qui doit être reconquis, une tentative d'interception ou un arrêt lors d'un tir au but.

La réaction et la réponse motrice seront plus approfondies dans la section "temps de réaction". Pendant la phase de réaction, l'athlète doit prendre sa propre décision sur la réponse à donner au stimulus. On distingue le *temps pré-moteur* ou le système musculaire se charge pour une production de force explosive capable de débiter le mouvement, et le *temps moteur* ou la contraction musculaire explosive se réalise capable de propulser l'athlète.

Si le départ est arrêté, les aspects importants sont *la force de départ associée au TDF* (Taux de Développement de Force). Il faut pour cela surmonter l'inertie : la force de résistance de la gravité sur l'athlète.

Lors de changement de direction en situation de jeu, les facteurs importants sont le cycle d'étirement - contraction (CEC) et la capacité de l'athlète à ralentir et à résister à un étirement rapide et violent des structures tendino-musculaires. De même, la capacité de réaction est importante, elle est décrite comme la capacité de l'athlète à générer la production de force explosive durant les phases de CEC.

2. La phase de propulsion

Après son démarrage, l'athlète doit accélérer pour quitter sa position de départ par des enjambées rapides et explosives. Généralement, le début de l'accélération se réalise entre la deuxième et la huitième enjambée (pour une distance de 5 mètres environs). En fait, en sport d'équipe cela représente la partie la plus cruciale de la performance de vitesse. Durant cette phase de propulsion, le joueur se démarque de l'adversaire ou se met en position de marquer.

Le but de l'athlète est de créer la plus grande impulsion possible à chaque enjambée. Cela signifie un niveau de production de force extrême pendant les temps de contacts avec le sol. Les muscles extenseurs du genou produisent la majorité de la force (quadriceps). Vers la fin de la phase de

propulsion, la contribution relative des muscles extenseurs du genou diminue au profit des extenseurs de la hanche (fessiers et ischiojambiers). L'action du triceps sural qui assure la flexion plantaire, reste constante durant le départ et la propulsion. Les temps de contact au sol se réduisent durant la phase de propulsion alors que la vitesse augmente.

3. Phase de transition

La transition est toujours une phase de l'accélération. L'athlète sort de la phase de propulsion et avoisine sa vitesse maximale. La longueur des enjambées s'accroît au maximum et si le mouvement reste linéaire, l'athlète tendra à adopter une position plus droite pour optimiser sa vitesse. En sport d'équipe, l'athlète doit changer de direction très souvent ou s'arrêter complètement au milieu de cette phase. Dans les performances de vitesse linéaires, la phase de transition se produit à peu près entre 10-30 mètres du départ.

L'athlète accroît la longueur de ses enjambées en augmentant la production de force par les muscles extenseurs de la hanche et fléchisseurs plantaires. Il tend à minimiser les temps de contacts au sol et sollicite à la fois le TDF et la capacité à utiliser le CEC.

4. Vitesse maximale

Durant cette phase de 4-6 secondes généralement (entre 30 et 60 mètres), l'athlète maximise sa vitesse : la longueur des enjambées est optimisée et on parle alors du taux d'enjambée.

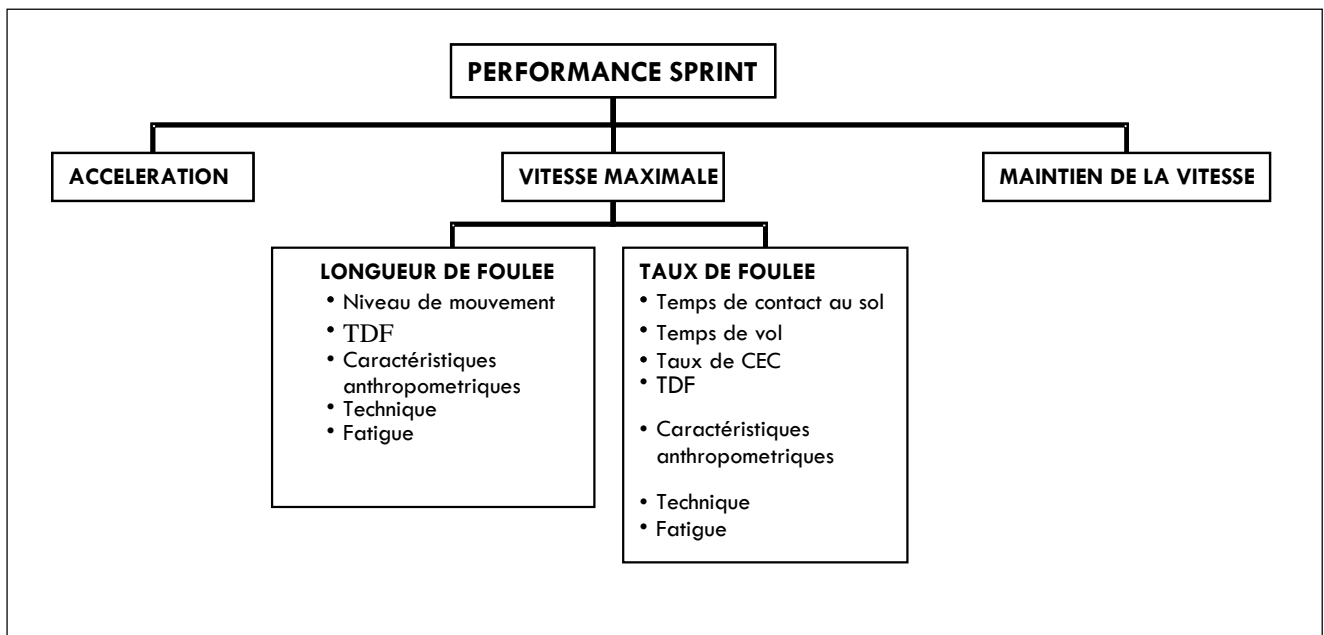
Les conditions physiologiques requises durant cette phase sont très similaires à celle de transition. Une forte demande d'influx nerveux et de TDF sont requis à chaque contact au sol. L'athlète tend à minimiser la phase excentrique ou de ralentissement lors des contacts au sol. Lors des premiers contacts au sol, les jumeaux gastrocnémiens et le tibial antérieur sont très actifs. Au fur et à mesure des contacts au sol, l'activité musculaire et la production de force sont transférées aux extenseurs de la hanche (fessiers). Les fléchisseurs plantaires restent très actifs tout au long de la course.

5. Maintien de vitesse

Le maintien de vitesse est la phase finale durant laquelle l'athlète essaie d'atteindre le relâchement maximal et la position optimale pour maintenir la vitesse acquise le plus longtemps possible. Le but est de minimiser la consommation d'énergie. La capacité de l'athlète à maintenir sa meilleure vitesse dépend principalement de sa vitesse d'endurance (capacité alactique ou lactique anaérobie). Le niveau de la vitesse d'endurance détermine la capacité de l'athlète à combattre la fatigue et à maintenir la production de force explosive requise durant la performance de vitesse.

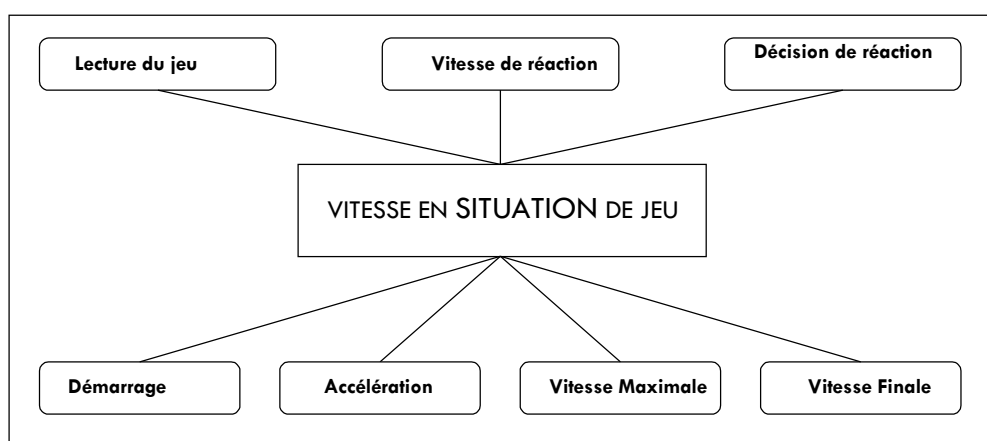
Les temps et les distances présentées concernent la performance de vitesse linéaire (sprint) La nature des sports d'équipe changent les paramètres. La performance de vitesse en sports d'équipe se réalise le plus souvent sur de très courtes distances et consiste seulement la phase de démarrage, de propulsion, et parfois même de transition. Il est très rare que le joueur soit capable d'atteindre la phase de vitesse maximum.

Figure 25 Les composants d'une performance de sprint
(Ross, Leveritt & Riek, 2001)



La vitesse en sports d'équipe dépend de nombreux facteurs. Rares sont les performances de vitesse se réalisant sur de longues distances et durées ou en ligne droite. Le plus souvent elles vont de 10 à 20 mètres avec des changements de directions et de vitesse fréquents. Le joueur doit être capable de lire le jeu et de réagir aux changements en fonction de la position relative des autres joueurs. La capacité du joueur à adapter sa vitesse de mouvements suivant les situations de jeu est un aspect supplémentaire de la performance de vitesse en sports d'équipe.

Figure 26 Vitesse en situation de jeu
(selon Luhtanen, 1994)



Vern Gambetta a défini les capacités motrices nécessaires à la production efficace de vitesse ainsi :

1. Coordination

- Capacité à mouvoir les parties du corps de façon harmonieuse et synchronisée, avec précision vers un objectif spécifique.
- Timing de la production de force.
- Capacités motrices et de mouvement.

2. Force et puissance

- Capacité à produire et appliquer un haut niveau de force dans un intervalle de temps le plus court possible.

3. Vitesse de mouvement

- Capacité à mouvoir les parties du corps dans un intervalle de temps le plus court possible – vitesse angulaire des articulations.

4. Vitesse d'endurance

- Capacité à appliquer un haut niveau de force dans un intervalle de temps le plus court possible, de façon répétitive.
- Capacité à réaliser une activité de vitesse pour un temps donné ou à réaliser de façon répétitive.

5. Mobilité

- Le taux de mobilité des articulations
- L'aptitude de production de force en fonction du taux de mobilité articulaire.

5. Agilité et coordination

L'agilité est définie comme la capacité de changer la direction du corps et sa position par des mouvements rapides. Mais cette définition est trop générale lorsqu'on considère les situations de mouvements de sports demandant sauts, frappes de balle, charges, accélérations et décélérations.

De plus, l'équilibre dynamique ou statique est un facteur important lorsque l'on analyse les capacités de l'athlète. On considèrera alors les composants suivants :

- Changement de direction horizontal du corps
- Changement de direction vertical du corps
- Mouvements rapides des segments du corps
- Capacité de maintien du corps dans des positions dynamiques ou statiques.

Au cours de situations de mouvement plus complexes, l'athlète devra mettre en place d'autres aptitudes de coordination telles que l'équilibre, la différenciation, l'orientation, la réactivité, le rythme, la connaissance de son corps, ses capacités d'adaptation et de combinaison. La mise en place de tous ces processus lui permettra de réagir à un stimulus par une réponse propre en une fraction de seconde.

AGILITE = ATHLETISME !

(Vern Gambetta, 1998)

L'agilité requiert une combinaison de capacités physiques coordonnées en séries de mouvements fluides. L'agilité demande des variations de mouvement en différentes situations. Dans la plupart des sports d'équipe les schémas de mouvements sont extrêmement courts : de la soudaine explosion sur quelques mètres jusqu'à 20 ou 30 mètres. Cela signifie aussi de soudaine décélération et accélérations avec des changements de directions. La capacité de l'athlète à ralentir demande une force excentrique durant la phase du mouvement de freinage. Accélérer demande par contre de hauts niveaux de réactivité, de force explosive et de puissance. Accélération et décélération doivent être réalisées sous contrôle en maintenant un bon équilibre, une position et une posture relative au sol et à son adversaire.

“L'agilité est fortement dépendante de la coordination neuromusculaire et du feedback proprioceptif des récepteurs sensitifs articulaires. Peut-être plus que tout autre facteur de performance, l'agilité est compromise par l'instabilité des articulations qui affecte la proprioception.”

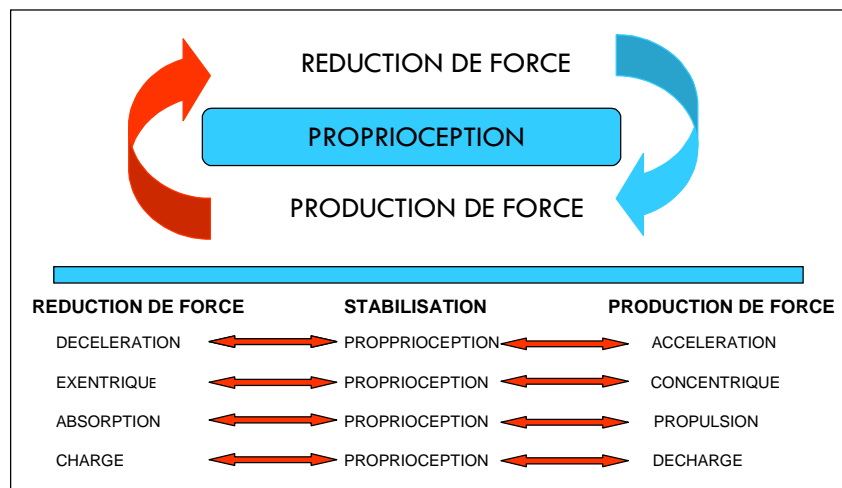
(G. W. Gleim, 1996)

L'agilité et la rapidité sont reliées aux informations fournies par les récepteurs sensoriels dans les fibres musculaires et les tendons comme les yeux et le complexe vestibulaire de l'oreille interne. Les organes sensoriels sont appelés propriocepteurs, qui fournissent les informations sur la position, la posture et la magnitude du poids.

La distribution des fibres musculaires, les composants élastiques en séries et les cycles d'étirement raccourcissement (CEC) engagés dans la production de force explosive joue un rôle vital pour l'agilité et la rapidité.

Les mouvements relatifs au concept d'agilité et de rapidité, demandent des arrêts violents et la gestion d'une forte capacité de force excentrique stockée comme énergie élastique. Cela accroît la vitesse de contraction des muscles concentriques lors des changements explosifs de direction ou d'inversion des mouvements. Le niveau d'étirement et la capacité à minimiser les temps de contact au sol lors d'une inversion du mouvement sont les clefs de l'agilité et de la rapidité.

Figure 27 Paradigme de performance de l'agilité (selon Gambetta, 1998)



La plupart des sports d'équipe exigent des mouvements multidirectionnels ce qui place une forte demande au niveau des articulations spécialement dans les sports de contacts ou collisions. Ces situations requièrent un haut niveau d'habileté pour contrôler la position du corps, la stabilité des articulations et les mouvements durant les fractions de secondes où se produisent les collisions ou impacts. Cela peut être le facteur décisif dans la prévention contre les blessures ou tout au moins dans la réduction de leur gravité. Lors de la période de rééducation des blessures sportives, la restauration de l'agilité et des mouvements fluides et efficaces doit être la plus grande priorité.

Ainsi, entraîner et tester l'agilité peut être un facteur de progrès significatif en matière de performance en sport d'équipe. Les objectifs des entraînements et des tests spécifiques de l'agilité devraient être :

- Augmentation de la puissance, de la vitesse et de l'équilibre
- Augmentation de la coordination intramusculaire
- Développement et amélioration de la rapidité
- Améliorations des patterns d'action
- Amélioration de la capacité proprioceptive et kinesthésique.

6. Temps de réaction

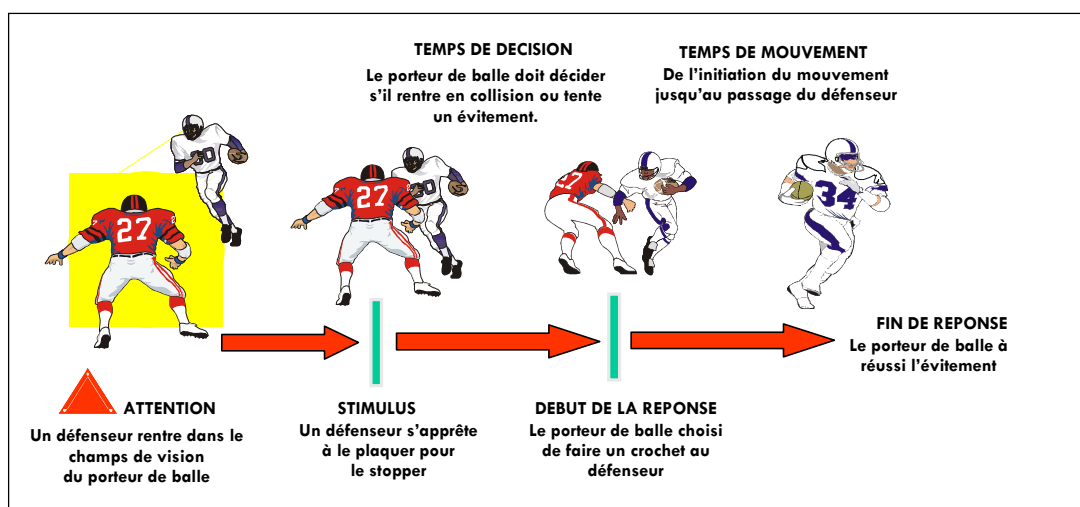
Le temps de réaction est défini comme le temps s'écoulant entre un stimulus anticipé ou imprévu et l'initiation d'une réponse appropriée dans une situation ou un environnement donné. Les tests du temps de réaction est la façon la plus commune d'étudier la vitesse du processus d'information central d'une personne et la réponse en termes de mouvements rapides et coordonnés. Un simple test du temps de réaction aura un seul type de signal et une réponse déjà connue à celui-ci. Un test complexe aura des stimuli variés et plusieurs possibilités de mouvements de réaction selon le signal choisi.

Les composants du temps de réactions :

- L'attention
- Le stimulus choisi
- Le début de la réponse
- L'achèvement de la réponse

Le temps de réaction est divisé en temps de décision et temps de mouvement. Le temps de décision est le temps s'écoulant depuis le stimulus jusqu'au moment où la réponse est initiée. Il est aussi appelé temps d'initiation ou temps de réaction. Le temps de mouvement est l'intervalle entre l'initiation du mouvement jusqu'à son achèvement. La réponse motrice totale (temps de décision + temps de mouvement) est appelée temps total de réaction ou temps total de réponse selon la source.

Figure 28 Composants du temps de réaction



Le processus durant le temps de réaction peut être décomposé comme suit :

1. Apparition du stimulus.
2. Identification du stimulus lorsque l'athlète reçoit l'information de ses sens via le système nerveux jusqu'au cerveau dans lequel l'information est analysée.
3. Une réponse motrice appropriée est choisie par l'athlète selon le stimulus en fonction des programmes moteurs acquis lors des apprentissages à l'entraînement.
4. La décision est envoyée aux muscles nécessaires pour l'exécution de la réponse motrice.
5. La réponse motrice est exécutée.

Les temps de réaction sont généralement mesurés par rapport à la main forte (droite ou gauche). Mais il faut encore déterminer s'il existe une différence entre les deux mains. Il semble que la main forte soit plus rapide dans ces réponses au stimulus. Lorsque l'on considère les temps de réaction des pieds, cela devient plus complexe. Il semble que les sujets observés, les droitiers soient plus rapides dans leurs réactions avec leurs pieds droits plutôt qu'avec le gauche. Il a été analysé que le temps de préparation et le temps de réponse motrice sont très similaires dans les tests de réaction simple ou complexe. Ceci suggère que les différences entre les temps de réaction entre ces situations soient dues au temps de transfert de l'information.

Certains facteurs affectent les temps de réactions. Il a été identifié que le signal d'attention, l'intensité du stimulus, une durée accrue du stimulus et un stimulus auditif auront un impact positif sur les temps de réaction. De plus, de nombreux autres facteurs ont un effet favorable sur les temps de réaction : l'apprentissage, une importante activité physique, le fonctionnement de certains sens, une grande force musculaire isométrique et les performances cognitives, le niveau d'éducation ainsi qu'une bonne santé. Par contre, le bruit et autres signaux dérangeants, la multiplicité des signaux, un faible niveau d'excitabilité et une grande anxiété produisent des effets négatifs sur les temps de réactions. La fatigue, l'alcool et autres drogues, le tabac et la conduite ont également des effets négatifs. De même, plusieurs maladies (comme le diabète) et leurs symptômes, et les blessures (mal de dos, genou...) ralentissent les temps de réaction.

La capacité de réaction a un caractère héréditaire très fort. Les temps de réactions s'améliorent à travers l'enfance et la jeunesse, avec un pic aux environs de 20 ans, se détériorent jusqu'à 60 ans. Les hommes produisent des temps de réaction plus rapides que les femmes quelques soient les groupes d'âge.

Les recherches montrent que les athlètes tendent à avoir des temps de réaction et des mouvements de réponse plus rapides par rapport à la population normale. A un temps de réaction simple, plus rapide va correspondre une réponse plus rapide en situation complexe. En sports d'équipe cela va fournir au joueur un avantage en situation de jeu pour produire des mouvements rapides et explosifs. Les temps de réactions simples décrivent une capacité athlétique générale. Donc, des temps de réaction rapides dans un test complexe fait apparaître les capacités du joueur en situation de jeu comme sa capacité de décision.

Temps de réaction et capacité à réagir sont très importants en sports d'équipe. Les athlètes doivent réagir à un environnement toujours en transformation et à de nombreux stimuli durant les compétitions. En situation de jeu, les joueurs reçoivent des stimuli de leurs coéquipiers et de leurs adversaires, du mouvement de la balle, de la crosse ou de la raquette, ainsi que de la surface du sol.

Ce qui rend difficile une réaction appropriée, c'est la multiplicité des interférences comme le bruit (de la foule), la lumière, le terrain ou l'anxiété durant les compétitions. En sports d'équipe, les joueurs sont constamment confrontés à des situations dans lesquelles ils doivent effectuer des mouvements explosifs et rapides de tout leur corps ou d'une partie seulement. Au football par exemple, il a été démontré que les gardiens de but ont des temps de réaction plus rapides que les joueurs lors de tests complexes sur le corps entier. De même, les joueurs réguliers ou titulaires en compétition ont de meilleurs résultats que les remplaçants aux mêmes tests. Les gardiens de but ont sûrement de meilleurs temps de réaction grâce au processus de sélection et/ou les entraînements spécifiques. Lors des tests de temps de réaction simple aucune différence n'est constatée entre les titulaires et les remplaçants.

La vitesse de choix de réaction est un important facteur en situation de jeu. Le joueur aura un avantage définitif sur ses adversaires lorsque cette vitesse sera combinée avec la capacité à lire, à anticiper le jeu et à réagir aux situations à venir.

7. Tests de force explosive, de vitesse et de puissance

7.1 Procédures de Tests

Les procédures précédant la session de tests :

1. Informer les athlètes sur les conduites à tenir précédant le test, récupération et nutrition : à standardiser.
2. Décider des tests appropriés pour les athlètes selon le sport.
3. Se familiariser avec le test, son protocole et préparer la sauvegarde des données.
4. Se familiariser avec l'équipement servant au test et contrôler le bon fonctionnement de l'équipement et sa calibration si nécessaire.

En situation d'exécution du test

1. Installer l'équipement servant aux tests et pratiquer les tests avant l'arrivée des athlètes.
2. S'assurer d'un espace suffisant pour la pratique des tests.
3. Informer les athlètes sur la procédure des tests et les familiariser avec les tests.
4. Prendre et enregistrer les mesures anthropométriques (poids, taille) avant l'échauffement.
5. Echauffement des athlètes avec des procédures standardisées

Après la session de tests :

1. Récupération active par une activité physique légère et dynamique et étirements.
2. Préparer une session de présentation d'analyse des résultats immédiatement après les tests :
 - Discussion à propos des résultats avec les athlètes et autres dirigeants ou cadres.
 - Revoir les aspects les plus importants des résultats.
3. Préparer un bilan avec les athlètes et les entraîneurs sur les ajustements à effectuer dans le programme d'entraînement si nécessaire ou requis
4. Stocker les données dans un endroit sûr.
5. Analyser les procédures et les données pour améliorer le protocole de la prochaine session de tests.

7.2 Tests avec matériel

Il existe sur le marché des systèmes pratiques et transportables pour la pratique de tests relatifs aux aspects les plus cruciaux de la performance athlétique.

1. Force/vitesse
2. Force explosive
3. Accélération et vitesse
4. Temps de réaction
5. Agilité
6. Puissance anaérobie

La session décrite ci-dessus est programmée en fonction des conditions de production d'énergie et de durée des activités. Les caractéristiques les plus sensibles à la fatigue (neuromusculaire et métabolique) sont testées en premier puis les durées des périodes de travail augmentent.

Pour tous les tests explicités ci après, nous avons utilisé le Powertimer de chez Newtest. Il est désigné pour la recherche en Science du sport et utilisé dans différents domaines comme la performance sportive et la rééducation. Ce nouveau type de matériel de haute technologie permet « d'amener de manière fiable l'instrumentation jusqu'alors destinée au laboratoire sur le terrain », et d'interpréter les résultats des tests avec efficacité grâce à un logiciel d'analyse.

7.2.1 Tests de force/vitesse

Saut statique (SJ : Static Jump)

Mesures de performances recherchées

Le saut statique est utilisé pour tester et évaluer la force/vitesse (force explosive) et la capacité de recrutement de l'influx nerveux. L'action musculaire concentrique est obtenue dans les tests à partir d'une position semi assise, avec un angle de 90° au niveau du genou, mains sur les hanches et tronc le plus vertical possible. Les résultats du SJ d'extension isocinétique des jambes ont une forte corrélation avec ceux obtenus lors de performances de sprint, de saut en longueur. Les SJ décrivent bien la force explosive depuis que le TDF (taux de développement de force) a été identifié comme le principal composant contribuant aux performances de sauts verticaux. Le TDF est rapporté à la vitesse du centre de gravité et à la distribution des fibres musculaires rapides de l'athlète, lors de l'exécution des SJ. La vitesse du centre de gravité dépend de l'accélération produite par les membres inférieurs, principalement extenseurs de la hanche et du genou. Le temps de production de force est très court, seulement 280 à 300 ms, lors d'un SJ.

Protocole de test :

L'athlète saute le plus explosivement possible, à partir d'une position semi assise, avec un angle de 90° au niveau du genou, mains sur les hanches et tronc le plus vertical possible L'athlète doit retomber sur la pointe de ses pieds, tout en gardant ses genoux droits au point d'atterrissage sur le tapis de contact. Cette technique standardisée du SJ permet une grande reproductibilité des résultats de tests d'un sujet à l'autre.

Figure 29 : Exécution correcte d'un saut statique



Paramètres du test

Le test SJ a un seul paramètre : le nombre de saut à effectuer lors d'une action de test.

Résultats du test

Les résultats des tests sont obtenus à partir des calculs suivants :

- Hauteur du saut (m) $h = 9,81 \times (\text{temps de vol})^2 / 8$
- Puissance (W) $P = 60.7 \times \text{hauteur du saut (cm)} + 45.3 \times \text{poids (kg)} - 2055$
- Vitesse de décollage (ms^{-1}) $V = (9,81 \times \text{temps de vol}) / 2$

Tableau 5 Exemple de données d'un test de saut statique effectué sur 5 joueurs de hockey sur glace

Joueurs	Poids (kg)	Hauteur du saut (cm)	Puissance (W)	Vitesse de décollage ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
1	72	41	3695	2,84
2	72	58	4727	3,37
3	84	51	4846	3,16
4	85	45	4527	2,97
5	90	51	5118	3,16

Saut avec élan (CMJ : Counter Movement Jump)

Mesures de performances recherchées

Le CMJ est utilisé pour tester la vitesse (ainsi que la force explosive), la capacité de recrutement de l'influx nerveux, la capacité de CEC (cycle d'étirement contraction) ou d'élasticité musculaire et la coordination inter et intra musculaire. Les résultats du CMJ ont une forte corrélation avec ceux obtenus lors de performance de sprint. Ils permettent de mettre en avant le niveau de production de force, la force maximale exprimée également dans les tests isométriques, et la distribution des fibres musculaires rapides au niveau du quadriceps.

Protocole de test

Durant le CMJ, le sujet saute le plus haut possible sur le tapis de contact. Le CMJ se différencie du saut statique "*Static Jump*" car le sujet effectue un mouvement de descente qui donne de l'élan avant le saut. En position de départ, l'athlète est debout, droit avec les mains sur les hanches. Il descend alors rapidement en position accroupie avec un angle de 90° au niveau des genoux (comme pour le SJ) et saute le plus explosivement possible tout en maintenant les mains sur les hanches. Durant la phase ascendante, l'athlète doit garder son tronc le plus droit possible. L'athlète doit retomber sur la pointe des pieds, tout en gardant ses genoux droits au point d'atterrissage sur le tapis de contact.

Durant la descente, les composants élastiques des quadriceps (extenseurs du genou) s'étirent considérablement. Si les quadriceps se contractent immédiatement après avoir atteint l'angle de 90° au niveau des genoux, l'énergie emmagasinée dans les composants élastiques des muscles se libère. Ceci accroît considérablement la production de force et produit un saut supérieur en valeur au SJ. Une fois que le sujet a atterri sur le tapis de contact et que les résultats sont calculés, le sujet doit attendre au moins une seconde pour pouvoir effectuer le second saut. Ce temps d'attente est nécessaire pour éliminer les événements perturbateurs liés à la sensibilité du tapis qui en découlent après que le sujet ait atterri. Si le sujet commence son saut avant la fin du temps prévu, rien ne sera mesuré.

Figure 30 : Exécution correcte d'un CMJ



Paramètres du test

Le CMJ a un paramètre : le nombre de sauts qui doit être effectué pour chaque action de test. Le sujet effectue le saut avec élan, mouvement de descente du bassin. Quand le sujet atterrit sur le tapis de contact, les résultats du saut sont calculés.

Résultats du test

Les résultats des tests sont obtenus à partir des calculs suivants :

- Hauteur du saut (m) $h = 9,81 \times (\text{temps de vol})^2 / 8$
- Puissance (W) $P = 60.7 \times \text{hauteur du saut (cm)} + 45.3 \times \text{poids (kg)} - 2055$
- Vitesse de décollage (ms^{-1}) $V = (9,81 \times \text{temps de vol}) / 2$
- Elasticité est calculé à partir de la différence entre le meilleur CMJ et le meilleur saut statique que le sujet aura effectué durant la même session de test.
- Le meilleur résultat du CMJ est utilisé pour le calcul de la capacité d'endurance force/vitesse de saut répétitif.

Tableau 6 Exemple de données d'un test de CMJ effectué sur 5 joueurs de hockey sur glace

Joueurs	Poids (kg)	Hauteur du saut (cm)	Puissance (W)	Vitesse de décollage ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
1	72	43	3817	2,90
2	72	62	4970	3,49
3	84	56	5149	3,31
4	85	47	4648	3,04
5	90	56	5421	3,31

Variante Sauts libres

L'action des bras peut être utilisée durant les sauts libres. Ces tests peuvent être utilisés pour des sports spécifiques : smash ou du bloc au volley-ball ; jeu de tête ou capacité de saut du gardien de but au football.

Les résultats des tests sont obtenus à partir des mêmes calculs.

Calcul de l'élasticité musculaire

Les structures élastiques du muscle contribuent de façon significative à la capacité de production de force du muscle. De nombreux mouvements sportifs sollicitent les propriétés élastiques du muscle : le saut, le sprint et les mouvements de rupture et de changements de direction. L'élasticité musculaire est un facteur important d'économie énergétique du mouvement en course.

Les mesures d'élasticité des membres inférieurs sont obtenues en corrélant les données des tests de SJ et CMJ. Durant le CMJ les structures élastiques des muscles extenseurs de la jambe emmagasinent de l'énergie lors de la phase d'étirement (flexion descendante), et la libère immédiatement dans le saut explosif suivant. Le CMJ génère une production de force accrue et une plus forte accélération du centre de gravité que le SJ. Il en résulte une élévation supérieure du centre de gravité.

L'élasticité est calculée par la différence entre le CMJ et le SJ, en pourcentage :

$$E = (\text{CMJ} - \text{SJ}) / \text{SJ} \times 100$$

Tableau 7 Exemple de données d'élasticité effectué sur 5 joueurs de hockey sur glace

Joueur	SJ (cm)	CMJ (cm)	Elasticité -%
1	41	43	4,88
2	58	62	6,90
3	51	56	9,80
4	45	47	4,44
5	51	56	9,80

Test de réactivité

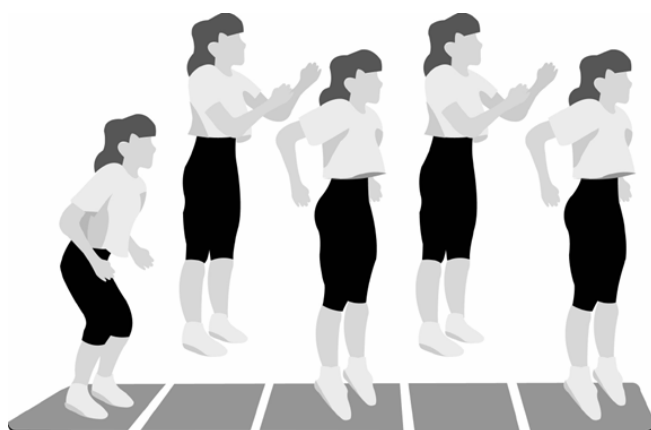
Mesures de performances recherchées

Le test de réactivité est utilisé pour évaluer la capacité de l'athlète à produire une force explosive grâce au triceps sural assurant la flexion plantaire, qui est un important producteur de force lors des sprints. En outre, le test donne également des indications sur la coordination inter et intra musculaire et la capacité de l'athlète à utiliser l'élasticité de ces muscles.

Protocole de test

Le sujet commence le premier saut en dehors du tapis de contact et vient atterrir sur celui-ci, en continuant de sauter. Les sauts continuent sur le tapis de contact jusqu'à ce qu'ils atteignent le nombre prévu ce qui conclut le test. L'athlète accompli plusieurs sauts explosifs tout en gardant ses jambes les plus droites possibles, atterrissant et sautant sur le tapis de contact avec la pointe des pieds, sans mouvement de bassin. L'athlète devra utiliser le mouvement de ses bras pendant les sauts. Le meilleur résultat est obtenu par un temps de contact au sol le plus court possible, en maximisant le temps de vol et donc la hauteur du saut.

Figure 31 : Exécution correcte d'un test de réactivité



Paramètres du test

Le test n'a qu'un seul paramètre : le nombre de sauts à réaliser dans une action de test.

Résultats du test

Les résultats des tests sont obtenus à partir des calculs suivants :

- Hauteur du saut (m): $h = 9,81 \times (\text{temps de vol})^2 / 8$
- Puissance absolue (W): $P = \text{poids [kg]} \times 9,81 \times \text{hauteur du saut} / \text{temps de contact} \times 2$
- Puissance relative ($W \cdot kg^{-1}$): $Pr = 9,812 \times (\text{temps de vol})^2 / \text{temps de contact} \times 4$
- Puissance relative moyenne (W/kg)
 $Prm = 9,812 \times \text{tps de vol} \times \text{tps total} / 4 \times \text{nbr de sauts} \times \text{tps contact}$
- Vitesse de décollage ($m \cdot s^{-1}$): $v = 9,81 \times \text{temps de vol} / 2$
- Indice de force réactive: $IFR = \text{hauteur du saut} / \text{temps de contact}$

Tableau 8 Résultat d'un test de réactivité

Nombre de saut	Temps de vol (ms)	Temps de contact (ms)	Hauteur du saut (cm)	Puissance absolue (W)	Puissance relative ($W \cdot kg^{-1}$)	Indice de force réactive
1	497	0	30,29			
2	468	162	26,86	1821,56	32,53	165,79
3	500	145	30,66	2322,94	41,48	211,42
4	481	167	28,37	1866,55	33,33	169,88
5	485	175	28,84	1810,97	32,34	164,83
Total	2431	649				
Temps total	3080					
				Puissance relative moyenne ($W \cdot kg^{-1}$)	55,51	

Poids de l'athlète : 56 kg

En bleu, les résultats à sauvegarder : le meilleur temps de contact (le plus court), le meilleur temps de vol (hauteur du saut), l'indice de force réactive et la puissance.

7.2.2 Tests de force explosive

Les tests de force explosive sont utilisés pour évaluer la capacité de l'athlète à produire une force musculaire dans l'intervalle de temps le plus court possible. La force explosive est l'un des facteurs critiques de la force et des programmes de conditionnement affinés car dans de nombreux sports l'athlète doit être capable d'exercer une force sur un objet extérieur ou un corps. Ces tests se révèlent pertinents pour les lancers en athlétisme javelot, poids et disque mais aussi pour les sports d'équipe nécessitant des contacts physique : tacle, bloc ou plaquage.

Le but des tests de force explosive est de créer une courbe de force vitesse. Ceci est obtenu en regroupant les données et en calculant la masse de l'objet utilisé pour le test et la hauteur du saut ou bien la vitesse de l'objet lancé lors du test de la "barrière de lancer". Tous ces tests illustrent le phénomène de régression de la vitesse lorsque la masse de l'objet augmente.

Sauts avec chute (DJ : drop jumps)

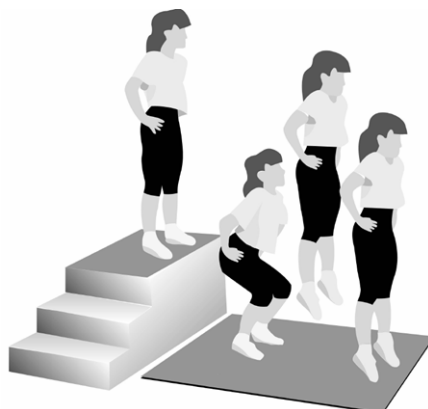
Mesures de performances recherchées

Le saut avec chute "Drop Jump" (DJ) est utilisé pour mesurer la force explosive et la capacité de tolérance à l'étirement. Les sauts avec chute (DJ) permettent d'évaluer la capacité de l'athlète à tolérer les impacts en utilisant l'élasticité (CEC) de ses membres inférieurs. L'athlète doit être capable de tolérer de forts impacts durant le contact au sol et doit pouvoir convertir l'énergie élastique emmagasinée des membres inférieurs (principalement les quadriceps) en un prompt saut vertical. Cet exercice est aussi un excellent test pour analyser la coordination intra et extra musculaire et les capacités de sauts.

Protocole de test :

Lors du DJ le sujet commence le saut à partir d'une plateforme surélevée. Le sujet saute de cette plateforme sur le tapis de contact pour rebondir en effectuant le saut le plus haut possible. L'athlète doit réaliser plusieurs sauts depuis des marches d'une hauteur croissante. L'athlète garde les mains sur ses hanches durant l'intégralité du saut. Pour le contact au sol, l'athlète doit avoir les jambes droites et atterrir sur la pointe des pieds. Il doit descendre vers une position accroupie immédiatement après le contact au sol et sauter le plus explosivement possible. L'atterrissage doit être effectué de la même manière que le CMJ ou le SJ. Répéter les sauts deux fois depuis chaque hauteur, le joueur doit avoir un temps de récupération suffisant entre chaque essai. Le meilleur résultat est atteint en limitant au maximum le temps de contact au sol et en maximisant le temps de vol (par un saut le plus au possible).

Figure 32 : Exécution correcte du saut avec chute (DJ)



Paramètres du test

Le saut avec chute “Drop Jump” a deux paramètres : le nombre de saut à réaliser dans une action de test et la hauteur de la chute.

Résultats du test

Les résultats des tests sont obtenus à partir des calculs suivants :

- Hauteur du saut (m): $h = 9,81 \times (\text{temps de vol})^2 / 8$
- Puissance absolue (W): $P = \text{poids [kg]} \times 9,81 \times \text{hauteur du saut} / \text{temps de contact} \times 2$
- Puissance relative ($W \cdot kg^{-1}$): $Pr = 9,812 \times (\text{temps de vol})^2 / \text{temps de contact} \times 4$
- Puissance relative moyenne (W/kg)
 $Prm = 9,812 \times \text{tps de vol} \times \text{tps total} / 4 \times \text{nbr de sauts} \times \text{tps contact}$
- Vitesse de décollage ($m \cdot s^{-1}$): $v = 9,81 \times \text{temps de vol} / 2$
- Indice de force réactive: $IFR = \text{hauteur du saut} / \text{temps de contact}$

Tableau 9 Résultats d'un athlète lors d'un test de saut avec chute (DJ)

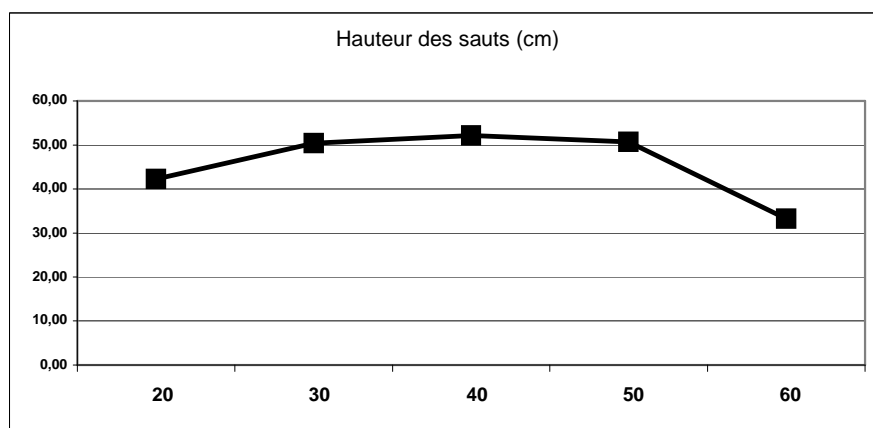
Hauteur de la chute (cm)	Temps de vol (ms)	Temps de contact au sol (ms)	Hauteur du saut (cm)	Puissance absolue (W)	Puissance relative ($W \cdot kg^{-1}$)	Index de force réactive
20	587	254	42,25	1827,72	32,64	166,35
30	641	278	50,38	1991,30	35,56	181,24
40	652	241	52,13	2376,53	42,44	216,30
50	643	268	50,70	2078,52	37,12	189,18
60	521	243	33,29	1505,00	26,87	136,98

Poids de l'athlète : 56 kg

Sur le tableau précédent résumant les résultats d'un athlète lors d'un test de saut avec chute, sa hauteur optimale du saut avec chute est de 40 cm, car il a effectué sa meilleure hauteur de saut, son plus court temps de contact au sol et sa plus grande puissance.

Lorsque l'on compare la puissance ou la hauteur des sauts effectués avec la hauteur de chute, il est possible d'identifier la hauteur de chute optimale pour l'athlète. Elle est représentée dans un graphique par une courbe en U inversée.

Figure 33 Hauteur de la chute – Courbe de hauteur des sauts



Sauts statiques avec charge (SJxw)

Mesures de performances recherchées

Le saut statique avec charge (SJxw) est utilisé comme test de force explosive – la relation entre la charge et la vitesse verticale du centre de gravité est observée. La vitesse verticale est exprimée en hauteur du saut. Le test décrit la force dynamique maximale de l'athlète, et sa capacité de recrutement neuromusculaire. De plus, la coordination intra et extra musculaire est un facteur considérable dans ce test. Le SJxw a une forte corrélation avec les performances de sprint, le TDF, les performances produites lors de tests iso cinétiques, la force maximum produite lors de tests isométriques et la distribution des fibres musculaires rapides dans les muscles quadriceps.

Protocole de test :

Le SJxw est réalisé de la même manière que le saut statique (SJ).

Lors de l'utilisation d'haltères, l'athlète doit tenir la barre avec ses deux mains et maintenir la même position que lors de l'exécution du SJ. En cas « d'haltères à biceps », ils seront tenus dans chaque main le long du corps avec le moins de mouvement possible. Si une veste de charge est utilisée, le test est exécuté comme un SJ standard.

Dans la position de départ, l'athlète exécute un angle de 90 degré au niveau des genoux (comme pour le SJ) et saute le plus explosivement possible, en gardant le tronc le plus droit possible. L'athlète doit atterrir sur le tapis de contact avec la pointe des pieds, tout en gardant ses jambes droites.

Un à trois sauts sont nécessaires pour chaque charge supplémentaire. La courbe de force vitesse est obtenue en réalisant les SJxw avec des charges croissantes. L'augmentation de la charge se fait en fonction du niveau d'entraînement de l'athlète et de son niveau de force, mais normalisée comme suit:

1. Pour les athlètes féminines, l'accroissement se fait de 10 kg, par exemple : 10, 20, 30, 40, 50 kg ; soit en pourcentage de la masse corporelle, par exemple : 50 % et 100 % du poids de l'athlète.
2. Pour les athlètes masculins, l'accroissement se fait de 20 kg, par exemple : 20, 40, 60, 80 kg ; soit en pourcentage de la masse corporelle, par exemple : 50 % et 100 % du poids de l'athlète.

Figure 34 Exécution correcte du saut avec charge (SJxw)



Paramètres du test

Le SJxw a deux paramètres : le nombre de sauts qui doit être accompli dans une action de test et le poids supplémentaire à chaque série de saut.

Résultats du test

Le Powertimer mesure les temps de saut et calcule les données suivantes :

- Hauteur du saut (m): $h = 9,81 \times (\text{temps de vol})^2 / 8$
- Puissance (W) $P = 60.7 \times \text{hauteur du saut (cm)} + 45.3 \times \text{poids (kg)} - 2055$
- Vitesse de décollage (m s⁻¹): $v = 9,81 \times \text{temps de vol} / 2$
- Indice de force explosive : $IFE = \text{hauteur du saut SJxW} / \text{temps de contact SJ} \times 100$

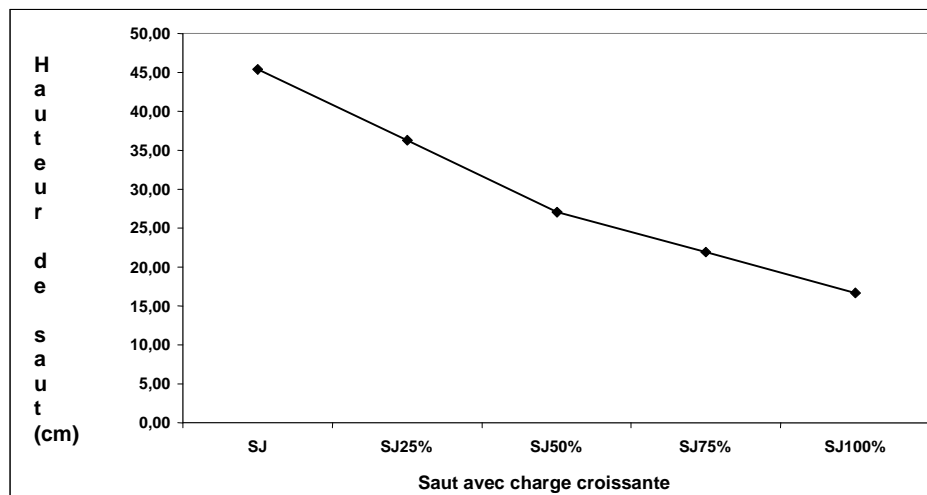
L'IFE est utilisé pour évaluer la relation de force/vitesse. L'indice de force explosive est calculé si le sujet a effectué un test SJ dans la même session.

Tableau 10 Résultats des tests de SJ et de SJxw d'un joueur de hockey sur glace

	Temps de vol (ms)	Hauteur du saut (cm)	Vitesse de décollage (m·s ⁻¹)	Puissance (W)	Indice de force explosive
SJ	608	45,40	2,23	4551,28	
SJ _{25%}	544	36,25	1,78	5921,13	79,8
SJ _{50%}	470	27,10	1,33	5365,72	59,7
SJ _{75%}	423	21,90	1,07	5050,08	48,2
SJ _{100%}	369	16,70	0,82	4734,44	36,8

A partir du SJxw, un indice de force explosive est calculé. L'IFR est le résultat du rapport entre le SJxw avec la charge maximale (égale au poids du corps) et le SJ. L'IFR est utilisé pour évaluer la relation de force/vitesse.

Figure 35 Courbe de force/vitesse d'un joueur de hockey sur glace



Important ! Le SJxw est un exercice très exigeant demandant une excellente coordination musculaire. L'athlète doit avoir l'expérience de l'entraînement avec des charges et posséder une excellente stabilité globale.

Test de la barrière de lancer (throwing gate)

Mesures de performances recherchées

Le test de la barrière à lancer est utilisé pour évaluer la capacité de force explosive et de force/vitesse de la partie supérieure du corps de l'athlète. Il définit la capacité de l'athlète à coordonner la production de force explosive par les muscles des membres supérieurs et du tronc, la capacité de mobilisation des fibres musculaires rapides, du maintien de l'équilibre et de la force exercée sur un objet. Puisque le test exige un maintien de l'équilibre, une posture spécifique ainsi qu'un enchaînement de mouvements liant des parties du corps à d'autres et simultanément une coordination intra et inter musculaire de la production de force. Ce test est excellent pour évaluer la fonctionnalité de la partie supérieure du corps, mais aussi de la production totale de force explosive. Les résultats du test de la barrière de lancer sont en corrélation avec l'extension iso cinétique du tronc, la force de flexion et les temps de réaction des membres supérieurs.

Protocole de test :

Le sujet accomplit un nombre défini de lancers avec des balles de poids différents (médecine-balls). La barrière de lancer est installée comme suit : une série de cellules photoélectriques est placée sur un tripode, créant un champ infrarouge qui enregistrera le départ du temps de vol de l'objet lancé. Un tapis de contact est fixé sur le mur en face de l'athlète, servant de cible et arrêtant la mesure du temps de vol au contact de l'objet. Le tapis de contact peut être remplacé par un second champ infrarouge. La distance de lancé (pour la mesure du temps de vol) est de deux mètres (2,0 m) et l'athlète se place un mètre (1,0 m) avant le champ infrarouge de départ.

L'athlète tient un objet (médecine-ball) entre ses mains, étire son corps et effectue un lancé par dessus la tête, vers la cible (comme une remise en touche au football). Simultanément, l'athlète fléchit le tronc le plus fortement possible. L'athlète ne doit pas suivre le lancé à travers le champ infrarouge, mais, pieds fixés au sol, il doit maintenir sa position de lancer.

L'athlète lance des objets d'un poids différent (généralement 0,5; 1; 2 ; 3 et 4 kg), chaque essai avec le même poids est composé de 3 à 6 lancers. Le meilleur temps de vol pour chaque poids est enregistré. Le temps de vol peut être converti en vitesse de l'objet et utilisé comme résultat. Lorsque la vitesse (ou le temps de vol) est rapportée au poids, il en résulte une courbe de force/vitesse.

Figure 36 Exemple d'exécution correcte du test de la barrière à lancer.



Paramètres du test

Le test du "Throwing Gate" a sept paramètres :

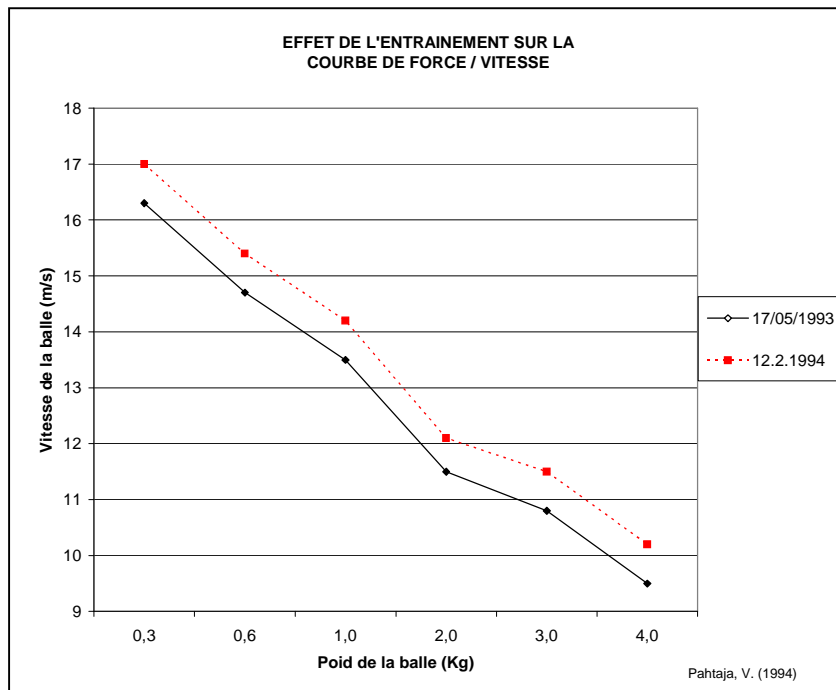
- la distance entre les cellules photoélectriques et le tapis de contact ou le second champ de cellules
- le nombre de lancers avec chaque balle
- les poids différents des balles (5). Les poids des cinq balles sont donnés par défaut.

Résultats du test

L'appareil mesure le temps de vol et en calcule la vitesse.

$$\text{Vitesse de l'objet (m/s): } v = 2.0 \text{ m} / \text{temps de vol}$$

Figure 37 Courbe de force/vitesse d'un test de barrière à lancer



7.2.3 Tests d'accélération et de vitesse

ST Test

Mesures de performances recherchées

Les tests d'accélération et de vitesse font partie des tests de base pour l'évaluation des performances sportives. Ces tests décrivent la capacité de l'athlète à démarrer, accélérer et sprinter. La capacité d'accélération est démontrée comme significativement supérieure chez les athlètes de haut niveau dans de nombreux sports. Les tests d'accélération varient de 5 à 10 mètres. Les tests destinés à la mesure de la phase de transition sont d'environ 30 mètres et les tests de vitesse maximale sont généralement de 60 mètres. Au-delà de 60 mètres, le test permet d'évaluer la capacité à maintenir la vitesse chez l'athlète. En sport d'équipe, les sprints de 20 à 30 mètres sont généralement utilisés pour mesurer la vitesse utile du joueur.

Protocole de test :

Durant le test de vitesse "*Speed Test*" le sujet sprinte sur une distance dont le temps total et les temps intermédiaires sont mesurés. Les tests d'accélération et de vitesse peuvent être combinés en utilisant plusieurs cellules photoélectriques. Les cellules photoélectriques sont placées à hauteur des hanches pour éviter toute "fausse" lecture causée par le passage des bras ou des jambes. La première cellule photoélectrique déclenche la mesure du temps, la seconde est placée entre 5 et 10 mètres du départ pour mesurer le temps intermédiaire enfin la troisième arrête la mesure en fin de distance. Le temps intermédiaire (Split time) décrit la capacité d'accélération.

L'analyse du meilleur temps de sprint, après le temps intermédiaire peut être effectuée en plaçant, par exemple, une cellule photoélectrique à 20 mètres puis une autre à 30 mètres pour arrêter la mesure du temps. Il est maintenant possible de mesurer le temps de ces 10 mètres de performance, entre 20 et 30 mètres et de connaître en même temps le temps total du sprint sur 30 mètres.

Il est très important de standardiser la position de départ de l'athlète : la distance à partir de la cellule photoélectrique de départ, la méthode de départ et la posture.

Figure 38 Prêt pour un test de sprint



Paramètres du test

Le ST a les paramètres suivants : la distance qui doit être courue, le nombre de sprints qui doit être effectué durant une action de test, le nombre de temps intermédiaires et les distances intermédiaires.

7.2.4 Tests d'agilité

Les tests d'agilité servent à évaluer la capacité de l'athlète à changer de direction de façon explosive selon différents niveaux de mouvement. Les tests d'agilité décrivent aussi la rapidité de l'athlète, son équilibre dynamique, son accélération et sa décélération et ses capacités motrices en général. Les tests d'agilité doivent se concentrer sur l'accélération et la décélération avec des changements rapides de direction pour mesurer l'efficacité de l'agilité chez l'athlète.

Test 505

Le "505-Test" mesure la capacité du sujet à accélérer, s'arrêter, changer de direction et ré accélérer et sa latéralisation. Le test 505 est élaboré pour minimiser les effets de la vitesse et pour mieux décrire la décélération et l'accélération autour du changement de direction à droite et à gauche. Le test 505 est important dans le cadre des sports d'équipes.

Protocole de test :

Une cellule photoélectrique est placée entre la ligne de départ et la ligne de demi-tour, à 10 mètres. Quand le test commence, vous devez avoir choisi le sens dans lequel le sujet doit faire le demi-tour. Le sujet commence son sprint à partir de la ligne de départ jusqu'à la ligne de demi-tour, il effectue son demi-tour et sprinte en passant devant la cellule photoélectrique. Ceci est répété jusqu'à ce que le nombre d'essais ait été effectué, en utilisant les deux sens pour le demi-tour. Le test 505 est relativement simple, il sert à mesurer le temps des changements de direction départ lancé et à mettre en avant les carences motrices éventuelles du côté faible.

Le test doit être répété en changeant le côté du changement de direction plusieurs fois.

Figure 39 Installation du test 505



Paramètres du test

Le "505-Test" a un paramètre : le nombre de d'essais qui doit être réalisé pour un test. Chaque résultat a aussi son paramètre : le sens du demi-tour.

Résultat du test

Le temps de sprint est mesuré et la différence entre le meilleur sprint avec demi-tour à gauche et le meilleur sprint avec demi-tour à droite est calculée.

Course d'agilité dite "Illinois"

Mesures de performances recherchées

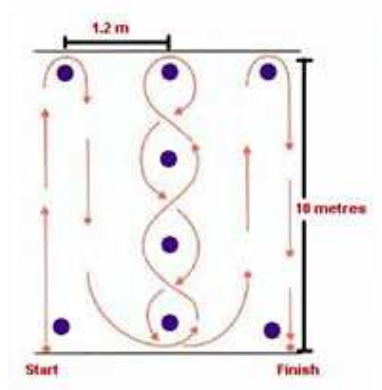
La course d'agilité "Illinois Agility Run" mesure la capacité du sujet à accélérer, s'arrêter, changer de direction et ré accélérer. Ce test est une course en slalom pour laquelle le temps total est mesuré. La course d'agilité dite "Illinois" est un test d'agilité élaboré à l'origine pour le Football Américain, et utilisé plus tard pour le football. L'athlète doit être capable d'accélérer, changer de direction et slalomer ou dribbler. Ce test peut permettre de distinguer les athlètes de sport d'équipe (ex.: footballeur) de la population normale.

Protocole de test :

Le parcours de la course est aménagé à l'aide de cônes pour marquer les changements de direction. La distance de course est de 10 mètres avant l'inversion de direction. Les cônes sont placés pour marquer les points de départ et d'arrivée, ainsi que de demi-tour. La ligne centrale où s'effectue le slalom ou dribble, est composée de 4 cônes, disposés à 1,2 mètre de chaque ligne de sprint.

L'athlète s'installe en position allongée, face contre terre et les bras en croix en direction du départ. Il se relève et sprinte vers le premier point de demi-tour, puis revient vers la ligne de départ pour commencer le slalom ou dribble à partir du premier cône. Après le quatrième cône il effectue le même parcours à l'inverse puis sprinte vers le second point de demi-tour et conclut le parcours passant devant le dernier cône. Le test doit être répété dans les deux directions pour évaluer les capacités complètes de l'athlète.

Figure 40 Installation du test de course d'agilité, "Illinois"



Paramètres du test

Le test a un seul paramètre : le nombre de sprint qui doit être effectué durant cette action de test.

Résultats du test

Tableau 11 Niveaux d'évaluation du test de course d'agilité, "Illinois" (temps en seconde)

Niveau	Homme	Femme
Excellent	< 15,2	< 17,0
bon	16,1 – 15,2	17,9 – 17,0
moyen	18,1 – 16,2	21,7 – 18,0
Passable	18,3 – 18,2	23,0 – 21,8
Faible	>18,3	> 23,0

Ajax Shuttle

Mesures de performances recherchées

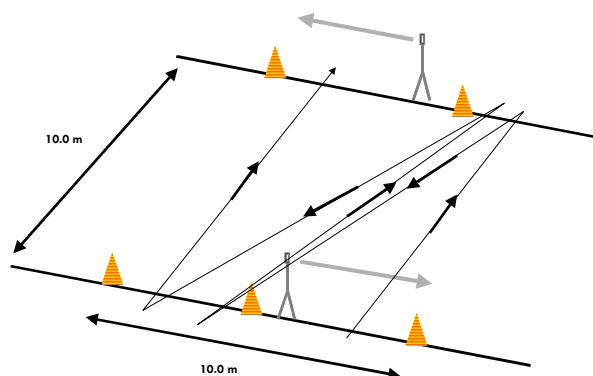
Le test d'agilité dit "Ajax Shuttle" a été originalement élaboré par l'Ajax d'Amsterdam pour ses joueurs de football. Au cours de l'Ajax Shuttle, le joueur doit être capable d'accélérer, de décélérer et changer de direction de façon répétitive. La distance est de 50 mètres et la capacité de performance en anaérobie alactique est un facteur important. L'Ajax Shuttle n'est pas un test d'agilité pure et sert également à mettre en avant l'effet de la fatigue sur l'habileté psychomotrice pure.

Protocole de test :

L'"Ajax Shuttle" mesure la capacité du sujet à accélérer, s'arrêter, changer de direction et ré accélérer. Ce test est une course en slalom pour lequel le temps total du sprint est mesuré. La distance entre la ligne de départ et d'arrivée est de 10 mètres. La zone de départ est équipée d'une cellule photoélectrique ainsi que la zone d'arrivée pour mesurer le temps de course. A l'opposé de la zone de départ est disposée une zone de demi-tour. Une deuxième zone de demi-tour est disposée à côté de la zone de départ. Enfin la zone d'arrivée est installée à l'opposée de la deuxième zone de demi-tour.

Le joueur démarre en position debout et accélère jusqu'à la première zone de demi-tour. Après avoir passer la ligne, le joueur sprinte vers la deuxième zone de demi-tour, dépasse la ligne puis retourne vers la première zone de demi-tour et répète les mêmes mouvements et accélération une deuxième fois, il peut ensuite sprinter vers la ligne d'arrivée. Il est important d'enseigner au joueur comment utiliser ses jambes dans les demi-tours de chaque côté pour le tester efficacement. Le test peut être répéter plusieurs fois si besoin.

Figure 41 Installation du test Ajax Shuttle



Paramètres du test

Le test a un seul paramètre. Le nombre de sprints qui doit être effectué dans une action de test.

Résultat du test

Mesure le temps du sprint.

Tableau 12 Exemple de résultats d'un test Ajax Shuttle sur des joueurs de football professionnels

Joueurs	Temps (s)
1	11,41
2	11,59
3	11,27
4	12,01
5	11,98
6	12,04

7.2.5 Tests de temps de réaction

Test de réaction

Mesures de performances recherchées

Le test de vitesse de réaction est utilisé pour mesurer la capacité de l'athlète à réagir à un stimulus donné (signal lumineux ou sonore) puis à démarrer et accélérer dans une direction donnée. Il permet aussi d'analyser la rapidité et l'agilité de l'athlète.

Protocole de test :

L'athlète se positionne sur le tapis de contact prêt à démarrer, debout, les genoux légèrement fléchis, les mains sur les hanches, le dos droit et la tête face à l'unité de mesure (base) qui indiquera la direction de l'accélération, placée à 2 mètres en face du tapis. L'athlète ne doit pas anticiper l'une ou l'autre direction ! Les deux cellules photoélectriques nécessaires sont placées à 5 mètres du côté droit et gauche du tapis. L'athlète réagit au signal donné et sort du tapis selon l'indication du signal. L'athlète prend la direction avec la première jambe tandis que simultanément la seconde, située à l'opposé de la direction, pivote et pousse vers l'extérieur du tapis. Puis l'athlète accélère le plus rapidement possible à travers le champ infrarouge. Le test doit être répété plusieurs fois en alternant les directions. Un temps de récupération suffisant est nécessaire entre chaque essai.

Le sujet a six essais avec une sélection aléatoire de la direction à prendre (gauche ou droite).

Figure 41 Le test de vitesse de réaction



Paramètres du test : aucun

Quand le sujet a effectué six essais dans les deux directions le test est terminé.

Résultats du test

Le Powertimer mesure la réaction et les temps de sprint, et les ajoute pour obtenir le temps total. La première page de résultats montre les temps de sprint vers la gauche, la seconde page montre les temps de sprint vers la droite. La troisième page montre la différence entre les résultats de droite et de gauche. Le côté qui a obtenu les meilleurs résultats est montré entre parenthèse sur la ligne "Diff %" de la troisième page.

Les temps mesurés lors de ce test sont les suivants : temps de réaction (à partir de l'émission du signal jusqu'au premier mouvement enregistré par le tapis de contact), temps d'accélération (à partir du premier mouvement enregistré par le tapis de contact jusqu'à la cellule photoélectrique arrêtant la mesure) et le temps total.

Tableau 13 Résultat d'un test de vitesse de réaction

	Gauche	Droite
Temps de réaction (ms)		
Temps d'accélération (ms)		
Temps total (ms)		

Le T-test

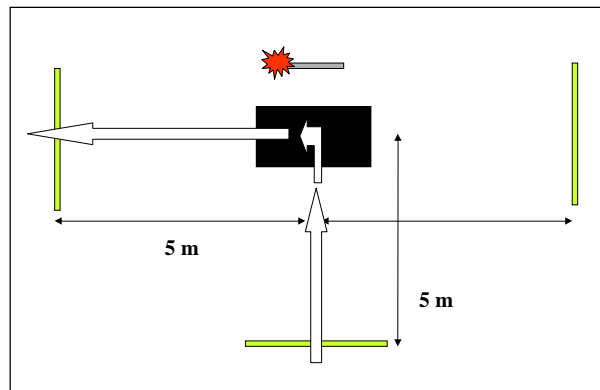
Mesures de performances recherchées

Le T-test a été élaboré pour évaluer la capacité de « rupture » de l'athlète par rapport à sa capacité de réaction et d'accélération selon un stimulus donné. Le test fournit des informations sur le temps de réaction, le temps de contact durant la rupture et l'accélération qui en suit.

Protocole de test :

Le sujet est debout, en face de l'unité de mesure (Base) en position de départ. Les cellules photoélectriques sont placées de chaque côté du tapis de contact à une distance donnée. Le T-test est modifié par rapport au test utilisé en rééducation. L'athlète part d'un point situé derrière une cellule photoélectrique et accélère vers le tapis de contact. La base donne un signal lumineux de direction vers la droite ou la gauche durant la course au moment où le sujet prend appui sur le tapis de contact. L'athlète doit effectuer la rupture sur le tapis de contact le plus rapidement possible et accélérer dans la direction indiquée jusqu'à la seconde cellule photoélectrique qui arrête la mesure.

Figure 42 Installation du T-test



Paramètres du test

Le T-Test a deux paramètres: la distance d'approche entre la cellule photoélectrique de départ et le tapis de contact, et la distance d'accélération du tapis de contact à la cellule photoélectrique d'arrivée. La séquence du test est très semblable au test de réactivité "Take-off Reaction Test". Il se différencie par le fait que le sujet court à partir d'une cellule photoélectrique vers le tapis de contact, alors que sur le premier test le sujet était arrêté sur le tapis de contact. Quand le sujet prend appui sur le tapis de contact, l'une des deux lampes de la Base s'allume de façon aléatoire, et le sujet doit accélérer dans cette direction.

Résultats du test

Les temps mesurés lors de ce test sont les suivants : temps d'approche (de la cellule photoélectrique déclenchant la mesure jusqu'au premier appui enregistré sur le tapis de contact), temps de réaction (à partir de l'émission du signal jusqu'au premier mouvement enregistré par le tapis de contact), le temps d'accélération et le temps total.

Tableau 14 Résultat d'un T-test

	Gauche	Droite
Temps d'approche (ms)		
Temps de réaction (ms)		
Temps d'accélération (ms)		
Temps total (ms)		

7.2.6 Tests de puissance anaérobie

Le test Margaria de puissance anaérobie

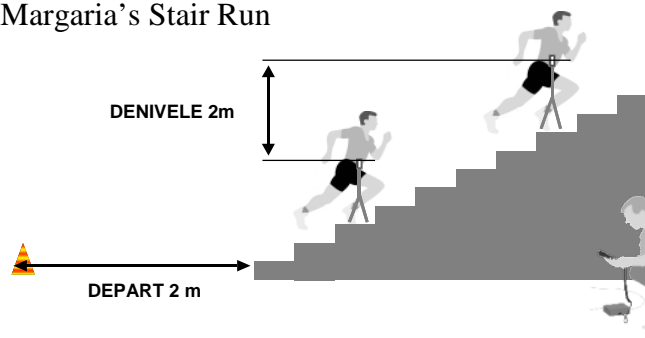
Mesures de performances recherchées

Le test Margaria est une course effectuée dans des escaliers, il est utilisé pour mesurer la puissance anaérobie (alactique) des athlètes. Le test est de très courte durée et est très significatif sur la capacité du système ATP-CP chez l'athlète.

Protocole de test :

Les cellules photoélectriques doivent être placées au niveau de la taille, ou très près des marches pour mesurer le passage du pied. La première cellule photoélectrique (de départ) est placée sur la troisième marche et la seconde (d'arrêt) est placée sur la marche offrant deux mètres (2,0 m) d'élévation verticale par rapport à la première cellule photoélectrique. La ligne de départ est placée à une distance de 2 mètres (2,0 m) de la première marche. L'athlète doit accélérer le plus fortement possible et poser son pied directement sur la troisième marche où se trouve la première cellule photoélectrique, puis continuer son effort le plus explosivement possible en montant les marches trois par trois. Il doit passer devant la deuxième cellule photoélectrique pour arrêter la mesure.

Figure 43 Installation du Margaria's Stair Run



Paramètres du test

Le "Margaria's Stair Run Test" a deux paramètres : la hauteur des marches et le nombre de sprints à effectuer.

Résultats du test

Le Palm Powertimer mesure le temps du sprint et calcule les données suivantes :

- Vitesse Verticale (m/s)
- Travail (J) : $W = \text{poids (kg)} \times 9,81 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) \times \text{ascension verticale (m)}$
- Puissance (W) : $P = W / \text{temps}$
- Puissance relative (W/Kg)

Tableau 15 Résultats de deux athlètes lors du test Margaria

	Athlète 1	Athlète 2
Masse corporelle de l'athlète (kg)	85	100
Ascension verticale (m)	2,0	2,0
Travail (J)*	1667,7 J	1962,0 J
Sprint (s)	1,12	1,12
Puissance (W)**	1489.0 W	1751.8 W
Puissance relative (W/kg)	17,52 W/kg	17,50 W/kg

* Le travail de l'athlète est calculé selon la formule suivante : $W = (F = m \times a) \times d = 85 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 2.0 \text{ m}$

**La puissance est calculée selon la formule : $P = W/t$

Test de sauts répétitifs (Repetitive jumping test)

Mesures de performances recherchées

Le test peut être programmé pour quelques secondes (peu de sauts) jusqu'à une minute. La durée du test déterminera la performance anaérobie que l'on désire tester. Les tests de moins de 20 secondes permettent l'évaluation de performance alactique (principalement le système ATP-CP). Lorsque la durée du test dépasse les 20 secondes et jusqu'à une minute, la production d'énergie prédominante est le système glycolytique. La performance lactique sera donc évaluée. Les tests de sauts décrivent aussi la coordination intra et extra musculaire, la force explosive et la force/endurance du muscle en fonction de la durée du test.

Protocole de test :

Le test de sauts répétitifs "*Repetitive Jump Test*" consiste en une série de sauts effectués durant un temps donné. Le protocole applicable est celui du saut avec élan (CMJ), jusqu'à la fin de la durée fixée pour le test. Il est important que l'athlète garde ses mains sur ses hanches et atterrisse sur la pointe des pieds. Le meilleur résultat de puissance est atteint en minimisant les temps de contact au sol et en maximisant le temps de vol.

Paramètres du test

Le test de sauts répétitifs "*Repetitive Jump Test*" a trois paramètres : la durée qui détermine le nombre de secondes durant laquelle le sujet doit sauter pour une action de test ; le nombre de saut qui détermine le nombre de saut à réaliser dans une action de test et le type de test qui donne la possibilité de choisir entre la durée du test et le nombre de sauts.

Le sujet commence à sauter sur le tapis de contact et continue jusqu'à ce que le temps prévu soit écoulé ou que le nombre de sauts fixés soit effectué. L'unité de mesure (Base) émet un son (Bip) quand le test est terminé.

Résultats du test

Les résultats sont obtenus grâce aux calculs suivants :

- Hauteur du saut $h \text{ (m)} = 9,81 \times \text{temps de vol}^2 / 8$
- Temps entre le début du premier saut et la fin de chaque saut en secondes
- Vitesse de décollage : $v \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) = 9,81 \times \text{temps de vol} / 2$
- Puissance de chaque saut : $P \text{ (W)} = \text{poids} \times 9,81 \times \text{hauteur du saut} / (\text{temps contact} / 2)$
- Puissance relative moyenne $P \text{ (W} \cdot \text{kg}^{-1}) = 9,81^2 \times \text{tps de vol} \times \text{tps total} / 4 \times \text{nbre de sauts} \times \text{tps contact}$
- Différence entre la moyenne des trois premiers sauts et des trois derniers sauts.
- Indice de fatigue : $FI \text{ (\%)} = \text{MinP} / \text{MaxP} \times 100\%$
- Endurance capacité de la force/vitesse : moyenne des 15 premières secondes de sauts comparée avec le meilleur saut avec élan (CMJ) effectué dans la même session de test.

Tableau 16 Exemple de résultats obtenu lors d'un test de sauts répétitifs

Nombre de sauts	Temps de vol (ms)	Temps de contact (ms)	Hauteur du saut (cm)	Vitesse de décollage (m·s ⁻¹)	Puissance absolue (W)
1	541	0	35,89	2,65	
2	570	537	39,84	2,80	28,27
3	538	542	35,49	2,64	25,79
4	487	561	29,08	2,39	21,89
5	514	543	32,40	2,52	24,07
6	517	531	32,78	2,54	24,55
7	518	525	32,90	2,54	24,76
8	520	525	33,16	2,55	24,90
9	518	510	32,90	2,54	25,12
10	515	517	32,52	2,53	24,73
Total	5238	4791			

Puissance relative moyenne ($W \cdot kg^{-1}$)	26,38
--	--------------

Fatigue Index (%)			
F_{temps de vol}	F_{temps de contact}	F_{hauteur de saut}	F_{puissance}
90,35	96,28	81,63	87,49

Précisions utiles sur les modes de calcul :

- La formule utilisée pour le calcul du premier saut est la même que pour le SJ ou le CMJ. Cette formule est utilisée puisque aucune information n'est disponible sur la durée du travail lors de ce saut, contrairement aux sauts suivants. La durée de travail pour les sauts suivants est le résultat du temps de contact divisé par deux qui permet d'évaluer le temps du travail musculaire concentrique dans la phase de saut.
- Le calcul de la puissance relative (w/kg) est le résultat de la puissance absolue divisée par le poids de l'athlète.

➤ **Index de fatigue:**

Il décrit la fatigabilité en anaérobie. Plus la fatigue de l'athlète est limitée, plus sa capacité de performance est grande.

L'index de fatigue est le pourcentage de la différence entre les paramètres décrits ci-dessous, avec un nombre de sauts déterminés ou un temps de travail déterminé très court (<10 secondes), selon les formules de calcul suivantes :

L'index de fatigue est calculé en utilisant :

- Le temps de contact au sol : $\text{Temps de contact final} / \text{premier temps de contact} \times 100$
(Ex. : $561 / 510 \times 100 = 110$)
- Le Temps de vol: $\text{Temps de vol final} / \text{premier temps de vol} \times 100$
(Ex. : $487 / 570 \times 100 = 85,44$)
- Les hauteurs de saut
- Puissance mécanique : calcul de la différence entre le saut produisant la plus faible puissance et le saut produisant la plus grande puissance:
$$FI (\%) = \text{MinP} / \text{MaxP} \times 100\%$$

- Pour les tests d'une durée variant entre 15 et 20 secondes :
 - calculer la moyenne des temps de contacts, hauteurs de saut et de puissance mécanique pour les trois premiers sauts et les trois derniers
- Pour les tests d'une durée variant entre 30 et 60 secondes :
 - calculer la moyenne de la puissance pour chaque période de 15 secondes
 - calculer la moyenne des hauteurs de saut pour chaque période de 15 secondes
- Une autre façon d'observer la fatigue durant les tests de sauts en puissance anaérobie est de mesurer les temps de contacts. Les temps de contact au sol ont tendance à augmenter au court des tests d'une durée supérieure à 30 secondes notamment.

Test de sprint anaérobie (RAST : Running Anaerobic Sprint Test)

Mesures de performances recherchées

Le RAST est à la fois un test de puissance anaérobie lactique et de vitesse, puisqu'il s'agit d'un test de sprint intermittent. Lors du RAST, l'athlète sprinte à son maximum six (6) fois 35 mètres avec un temps de récupération de dix (10) secondes entre chaque course. Le travail et la puissance sont calculés pour chaque sprint et nous donnent ainsi la courbe de fatigue.

Protocole de test :

Lors de ce test de Running-Based Anaerobic Sprint Test (RAST) le sujet parcourt six fois 35 mètres en sprintant, avec un temps de récupération de 10 secondes entre chaque sprints. Le sujet démarre le test en effectuant un premier sprint de la photocellule de départ à celle d'arrivée placée à 35 mètres. Après le premier sprint, le sujet a un temps de récupération de 10 secondes, l'unité de mesure (Base) émettra un son (Bip) quand le sujet devra effectuer le sprint suivant. Après six sprints le test est terminé.

Paramètres du test

Puisque le nombre de sprints et la distance de chacun est donnée dans la description du test, le test RAST n'a pas de paramètre à modifier.

Résultats du test

Les résultats du test sont calculés selon la formule suivante :

- Vitesse : la vitesse en mètre par seconde
- Puissance (un seul sprint) : $P (W) = \text{poids [kg]} \times \text{distance [m]}^2 \times \text{temps [s]}^3$
- Puissance maximale (W) *Puissance maximale produite lors du meilleur sprint*
- Puissance minimale (W) *Puissance la plus faible produite lors des sprints*
- Puissance moyenne (W) *Puissance moyenne des six sprints*
- Index de fatigue = $(\text{Puissance Max} - \text{Puissance Min}) / \text{Temps total des six sprints}$

Tableau 17 Exemple de résultat d'un RAST

Sprint	Temps (s)	Puissance (W)	Vitesse (m·s⁻¹)
1	4,49	1123,25	7,80
2	4,72	966,91	7,42
3	4,90	864,22	7,14
4	5,19	727,30	6,74
5	5,44	631,56	6,43
6	5,60	578,96	6,25

Poids de l'athlète 83 kg

Puissance maximale (W)	1123,25
Puissance minimale (W)	578,96
Puissance moyenne (W)	815,37
Index de fatigue (W·s⁻¹)	17,94

8. Elaboration de programme de préparation physique

8.1 Programme de développement athlétique

“A l’entraînement rien n’arrive par accident mais plutôt par préparation”.

Tudor Bompa, 1999

Vous avez décidé de préparer un bon programme pour renforcer l’entraînement athlétique de votre équipe. C’est une excellente décision !

Vous avez examiné les besoins et les moyens pour le réaliser. Vous avez déterminé que le programme nécessite un processus d’évaluation, c’est-à-dire des sessions de tests pour contrôler les progrès réalisés à l’entraînement et réévaluer les objectifs clés du programme. Cette évaluation vous permettra d’améliorer le processus de renforcement musculaire, le développement de l’agilité et de la vitesse. Comment assembler tout cela pour obtenir des performances maximales ?

Préparer les athlètes pour la compétition et garantir une forme physique optimale demandent plus qu’un programme de course ou de musculation. Le programme doit aider l’athlète à développer son athlétisme – devenir meilleur grâce à une amélioration de ses capacités de mouvements – ainsi qu’à devenir plus performant dans son sport grâce à un entraînement spécifique.

Ce sujet est si vaste que nous allons nous en tenir à la couverture des principes directeurs de l’entraînement et de la préparation physique. (Pour en savoir plus, se référer à la bibliographie.)

Dans le cadre général des programmes de préparation physique, trois grands axes sont explorés :

8.1.1 Le sport

Pour pouvoir préparer un programme d’entraînement spécifique à chaque sport, il faut en connaître les demandes. Grâce aux très nombreuses informations disponibles, quantitatives et qualitatives, les particularités spécifiques de chaque sport peuvent être analysées sous 5 grands axes :

- ✚ La demande métabolique
 - Contribution des systèmes d’énergie
 - Temps de travail et récupération (ratio)
- ✚ Les mouvements de bases
 - Jeux de transition (football, basket-ball, hockey sur glace) ou jeux intermittents (football américain, baseball)
 - Distances parcourues
 - Distribution des activités en compétition
- ✚ Les demandes de position spécifiques
 - Demandes de positions spécifiques pour les mouvements de bases
 - Demandes d’énergie pour les positions spécifiques
- ✚ La structure de la saison de compétition et de l’entraînement annuel
 - Longueur de la saison de compétition
 - Longueur de la pré saison
 - Longueur de l’après saison
 - Nécessité d’une seule ou de plusieurs phases de performance maximale durant la saison de compétition
 - Playoffs ou phase finale
- ✚ Les types de blessures de base
 - Quelles sont les blessures spécifiques au sport ?
 - Comment s’entraîner pour prévenir ou réduire les risques de blessure ?

8.1.2 L'athlète

L'athlète est la partie la plus importante du programme. Le programme doit servir l'athlète pour la réalisation de ses objectifs. L'athlète n'existe pas pour le programme. Le programme est un outil pour l'entraîneur et l'athlète afin de rentabiliser au mieux le temps et l'effort et d'accéder à l'efficacité.

L'accent sera mis sur l'individualisation de l'entraînement, même dans le contexte de sports d'équipe. Développer un programme d'entraînement basé sur les besoins individuels est la seule façon pour maximiser et optimiser le développement individuel de l'athlète et ses performances en compétition.

- ✚ Age de l'athlète et niveau de développement
 - Chronologique
 - Biologique
 - Entraînement (Nombre d'année d'entraînement et de pratique compétitive)
 - Développement émotionnel et cognitif (niveau de maturité)
- ✚ Niveau de préparation et capacité de performance
 - Vitesse
 - Force explosive
 - Force maximale
 - Endurance spécifique au sport (vitesse/endurance)
 - Endurance aérobie (capacité)
- ✚ Niveau de capacité
 - Capacités fondamentales de mouvement (capacité motrices et non motrices)
 - Capacité de manipulation
 - Capacités de mouvement spécifiques au sport
- ✚ Habitude de travail
 - Quelles sont ses propres conceptions à propos du travail ?
 - A-t-il déjà appris ou doit-on lui enseigner à s'entraîner ?
 - Conception d'être "24h/24h" – il faut plus que l'entraînement et la compétition pour être un athlète
- ✚ Quels sont les objectifs et les aspirations de l'athlète ?
 - Quel est le niveau qu'il veut atteindre ? (régional, national, international ou professionnel)
 - Qu'est-il prêt à investir dans l'entraînement ? (temps, effort...)

8.1.3 Le système d'entraînement

Une approche systématique doit être adoptée pour développer pleinement un talent athlétique. Cette rationalisation des programmes doit être d'autant plus importante chez les jeunes où les futures stars se développent. Un système d'entraînement réfléchi permet aux athlètes de se développer à leur rythme ; il a été démontré que les jeunes athlètes se développent à des rythmes différents, certains d'entre eux sont appelés "late bloomers" (éclosion tardive) car ils n'exploseront que très tard. Ainsi, le système doit pouvoir supporter tous les athlètes dans son programme. Le système d'entraînement établit les objectifs et les lignes directrices du développement athlétique ainsi que les objectifs de chaque athlète. Ces lignes directrices vont encadrer l'athlète et l'équipe dans un programme de développement compréhensible et équilibré, assurant le développement sain de l'athlète.

De plus, le système d'entraînement doit prendre en compte la prévention des risques de blessures et la rééducation. Aucun système n'est complet sans un plan pour la réintégration des athlètes blessés dans le cadre de l'entraînement et la compétition.

Un programme de préparation doit inclure les composants suivants durant toutes les phases du développement de l'athlète :

- ✚ Capacité de travail : l'athlète est capable de supporter la charge de travail durant les entraînements aussi bien que la phase de récupération après les exercices ou la compétition. La capacité de travail est la capacité de réaliser sa performance au moment voulu avec une grande qualité et efficacité. Le développement de la capacité de travail prend du temps et commence lorsque l'athlète entre dans un programme d'entraînement. La première tâche du staff technique est d'évaluer si l'athlète a appris à s'entraîner et qu'il possède une capacité de travail adéquate pour le niveau de compétition. Si non, elle doit être développée en priorité avant tout autre besoin de l'athlète. En outre, la création de groupes de travail spécifiques selon les positions de chaque joueur peut permettre d'atteindre le niveau désiré plus rapidement.
- ✚ Vitesse : en sport, la vitesse (agilité et rapidité) est un facteur essentiel. Le développement d'une vitesse spécifique au sport pratiqué est l'un des principaux objectifs de tout programme d'entraînement.
- ✚ Force : la force est un pré requis pour l'apprentissage et le développement des capacités. Le développement de la force chez les athlètes est une grande priorité : développement de la force globale et construction d'une capacité de réserve de force en premier lieu. Une fois les fondations acquises, la force spécifique au sport pratiqué pourra être travaillée.
- ✚ Coordination et habileté : l'un des objectifs clairs de l'apprentissage en sport demeure la réalisation d'habiletés motrices dans leur ordre propre et dans un timing parfait. Ceci requiert des capacités fondamentales de mouvement et d'attention du corps. Elles doivent être enseignées et développées avant les capacités spécifiques relatives au sport pratiqué de manière à être réinvestissables dans d'autres activités ou situations nouvelles. Durant l'apprentissage, les capacités corporelles et d'attention se développent autour de la proprioception et de l'utilisation de l'espace qui sont les éléments majeurs dans la prévention des risques de blessures. Résumé par le terme athlétisme, cette phase est souvent oubliée dans les programmes d'entraînement modernes qui se focalisent sur la recherche des victoires de plus en plus rapides.
- ✚ Le programme d'entraînement : une fois les objectifs déterminés, il faut créer un programme pour les réaliser. Le programme d'entraînement de référence est divisé en différentes phases sur l'année entière. Parfois il peut être élaboré pour une période plus longue, comme les Jeux Olympiques (cycle de quatre ans). Dans le programme d'entraînement, le macrocycle est l'approche générale sur toute l'année de l'entraînement. Il est divisé en des phases plus courtes selon des séquences logiques en fonction des compétitions. Ces subdivisions sont appelées mésocycles, dans lesquels se retrouvent les cycles de préparation physique, de force de base, de force maximum etc. Les mésocycles sont ensuite subdivisés en phases d'une durée de une à deux semaines, appelés microcycles. Dans ces phases hebdomadaires, on retrouve les entraînements journaliers spécifiques et les exercices programmés. Cette périodisation de l'entraînement est une méthode éprouvée pour le développement de programme d'entraînement très efficace qui peut être mise en place pour assurer des temps de récupération adéquats aux athlètes, et ainsi prévenir les risques de surentraînement.
- ✚ Tests et évaluations : aucun programme d'entraînement n'est complet sans une façon d'évaluer son efficacité. L'ultime épreuve évaluant le programme d'entraînement est la compétition. Mais il est sûrement déjà trop tard à ce stade pour découvrir qu'il n'était pas optimal et que des corrections étaient à faire au fur et à mesure. Tester est la manière d'évaluer l'efficacité du programme d'entraînement. Les tests doivent être effectués dans le contexte du programme et selon ses objectifs. Les tests sont des outils pour l'entraîneur et l'athlète servant à analyser l'entraînement. Ils sont

aussi des outils de contrôle pour l'encadrement de l'équipe et son organisation générale. Ils ont en main un moyen d'évaluer les progrès individuels de chaque athlète ou de l'équipe d'une année sur l'autre. L'encadrement est capable de contrôler les performances des entraîneurs, démontrant leur travail pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre du programme d'entraînement athlétique.

Un programme d'entraînement efficace incluant des sessions de tests sérieux aident le travail de préparation physique et le staff médical dans la situation de blessures : ils possèdent un suivi longitudinal des athlètes et des données fiables sur leur niveau de performance. Le staff médical (médecins, physiothérapeutes...) et les préparateurs physiques peuvent aider de façon plus efficiente l'athlète blessé dans sa rééducation, pour son retour à la compétition.

Résumé : les principaux objectifs du programme de développement athlétique

1. Fournir un contexte pour le développement concret de l'athlète depuis son niveau d'entrée jusqu'à son retrait du programme (retraite), incluant son hygiène de vie en dehors du sport.
2. Impliquer l'organisation générale et l'entourage dans le contexte du bon développement de l'athlète.
3. Fournir des références positives à l'athlète depuis son niveau d'entrée jusqu'au plus haut niveau, même si très peu d'athlète devienne professionnel.
4. Offrir une attention particulière à la prévention des blessures et à une rééducation efficiente.

8.2 Préparation des grands rendez-vous de performance

“Faillir la planification, c'est planifier la faillite!”

Vern Gambetta, 1998

En compétition, le luxe du hors saison n'existe plus. Les saisons de compétition sont devenues plus longues et leur niveau s'accroît chaque année. Ainsi, il faut s'entraîner tout au long de l'année. Un programme d'entraînement annuel permet aux athlètes et aux entraîneurs de développer les capacités physiques de façon plus durable qu'en planifiant simplement la pré saison à l'approche du début de la compétition.

L'objectif principal est d'atteindre le plus haut niveau de performance possible à un moment donné, généralement pour une année de compétition. L'objectif principal pour les athlètes individuels reste des compétitions sporadiques (championnats nationaux, mondiaux etc.). En sports collectifs, ce sont les matchs de championnats (nationaux) qui rythment la vie des joueurs, mais certaines équipes doivent également planifier les compétitions supplémentaires auxquelles elles se sont ou vont se qualifier (playoffs, compétition internationale, coupe nationale.)

Mettre en place une préparation physique efficiente pour une équipe est le défi le plus important pour un entraîneur, car de multiples variables doivent être prises en compte pour la préparation du programme d'entraînement. Plusieurs de ces variables peuvent être contradictoires, ou bien interférer les unes avec les autres. De plus, l'entraîneur doit s'assurer que ses athlètes auront un temps adapté pour la récupération musculaire et la régénération psychologique.

Diviser l'entraînement et les temps de récupération dans un cadre directeur est appelé périodisation. Dans la périodisation, une des clés est l'adaptation au stress de l'entraînement. Le corps humain s'adapte très facilement lorsque l'entraînement est effectué avec les bonnes doses et des temps adaptés pour gérer ce stress. En outre, dans la plupart des sports, les capacités spécifiques et la tactique doivent être travaillées en synergie avec les qualités physiques. Dans les sports d'équipe, l'entraînement doit refléter la philosophie du staff technique (stratégie et tactiques). Par exemple, si l'équipe doit jouer d'une façon très physique, cela va conditionner les demandes du programme d'entraînement.

Pour la préparation des « pics de performance », l'année d'entraînement est divisée en différentes phases selon les objectifs fixés :

8.2.1 Phase préparatoire

La phase préparatoire est extrêmement importante pour l'athlète et l'équipe. Durant cette phase la base de travail va être développée selon les différents aspects de l'entraînement. La phase préparatoire peut s'assimiler à une rééducation de l'athlète, on parle d'«*enseignement et d'entraînement à s'entraîner (à nouveau)*». La capacité d'entraînement est construite graduellement, la charge de travail (intensité et volume est accrue jusqu'au niveau des exigences de la compétition.

Les objectifs principaux de la phase préparatoire sont :

- Créer des bases solides pour un entraînement de plus en plus exigeant
- Développer les mouvements de base, les qualités et capacités de fond spécifiques au sport
- Construire et éduquer les traits mentaux et psychologiques de l'athlète
- Introduire les bases du plan de jeu (stratégie et tactiques) en sports d'équipe

La phase préparatoire doit s'étaler sur trois à six mois pour permettre les adaptations nécessaires. Pour les sports individuels, il est recommandé que la phase préparatoire représente le double de la durée de la phase de compétition. Pour les sports collectifs, elle peut être plus courte, mais d'au moins deux à trois mois.

8.2.2 La phase de compétition

La phase de compétition comme son nom l'indique, est le moment de compétition du sport. Les capacités et la condition physique doivent être à leur maximum à cet instant. L'accent lors de la phase précédente était mis sur la construction et le développement. Maintenant, l'athlète a atteint un certain niveau de performance qui doit être perfectionné pour les performances spécifiques au sport pratiqué. Le volume de l'entraînement est généralement réduit car la qualité et l'intensité sont accrues.

Les objectifs principaux de la phase de compétition sont :

- Continuer l'amélioration des capacités et des mouvements de base spécifiques au sport
- Continuer à développer le «comportement victorieux»
- Améliorer et perfectionner les techniques spécifiques au sport et, pour les sports collectifs, la stratégie et les tactiques.
- Optimiser l'entraînement et planifier « les pics de performance »
- Maximiser la récupération

Durant la phase de compétition, l'entraînement est spécifique au sport et conditionné par le calendrier de compétition et les voyages. Il faut donc focaliser l'emploi du temps sur la récupération après l'entraînement, les voyages et la compétition. Ceci est un aspect vital pour les sports d'équipe ! La phase de compétition varie grandement selon le pays, le sport et le niveau de compétition. Dans certains sports et ligue, les joueurs peuvent accumuler plus de 100 matchs dans une saison (jusqu'à quatre matchs par semaine). Lorsque l'on ajoute les voyages, il est évident qu'un accent doit être mis sur la récupération.

Dans les sports d'équipe, la saison est généralement divisée en trois périodes principales :

- La pré saison – tester l'équipe et préparation à la compétition, organisation du plan de jeu
- La saison régulière – matchs de compétition de la ligue
- Playoffs – qualifications pour les matchs de championnats

Dans les sports individuels, le calendrier de compétition varie d'un sport à l'autre. La compétition peut être organisée dans un format de «tournoi» au cours duquel l'athlète doit disputer plusieurs matchs ou enchaîner plusieurs courses, sur une période de quelques jours. Une grande capacité de récupération leur est nécessaire.

8.2.3 La phase de transition

La phase de transition est la période après la saison de compétition. Après une longue saison, les athlètes doivent récupérer de leur fatigue (fatigue métabolique et musculaire) assez rapidement, généralement en quelques jours. Cependant, la récupération de toute une saison peut prendre un temps considérable. Ceci varie selon le niveau de compétition, la longueur et l'intensité de la saison, de l'entraînement et des blessures subies au cours de la saison...

Les objectifs principaux de la phase de transition sont :

- Rééduquer toute blessure endurée durant la saison de compétition
- Récupération, régénération physique et psychologique
- Rester actif ! Tout faire sauf son propre sport !
- Eviter le désentraînement

Généralement, lorsque le corps de l'athlète est adapté à un entraînement dur, une inactivité complète peut créer une situation de stress pour le corps. Le repos complet et l'inactivité sont des situations nouvelles pour le corps qui va s'adapter assez vite. Ce processus d'adaptation peut créer des effets inquiétants comme l'insomnie, la perte d'appétit, des perturbations du système digestif, une dépression, des tensions et des changements d'humeur etc.

En outre, le désentraînement signifie une perte des caractéristiques physiques qui ont été développées par un travail dur la saison précédente ! La perte peut être partielle ou complète selon les caractéristiques et la durée de la période de désentraînement. Les pertes les plus rapides se produisent dans la capacité de production de force explosive et de puissance. Les capacités aérobies ne décroissent pas au même niveau que le système neuromusculaire. Les capacités anaérobies décroissent à cause de la perte de capacité à assimiler et transformer le lactate.

Enfin, il est important de prendre en compte le *début différé de la douleur musculaire* un fois que l'entraînement reprend après la période de désentraînement. Il faut donc maintenir un degré d'entraînement musculaire durant la phase de transition.

Tableau 18 Exemple de programmation pour une équipe

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Phase d'entraînement Subdivisé en	Préparatoire					Compétition							Transition	
	Général	Spécifique			Pré saison	Saison régulière						Play-offs		
Vitesse	Accélération				Vitesse spécifique								Autres sports et activités physiques	
	Base de la vitesse	Vitesse sur courte et longue distance												
	Technique de vitesse: de l'entraînement général à la vitesse à la vitesse spécifique au sport													
	Vitesse spécifique au sport, technique de vitesse													
Force	Introduction												Réhabilitation	
	Technique													
	La force de base et la stabilité doivent faire parties de l'entraînement de la force tout au long de l'année d'entraînement													
	Hypertrophie	Maximum	Puissance	Conversion	Force périodisée							Maintien		
	Influx nerveux / Hypertrophie	Force	Puissance spécifique au sport				Maximum	Explosive	Maximum	Force explosive	Maximum	Force vitesse		
									Vitesse force	Explosive				
Endurance vitesse	Endurance vitesse alactique	Entraînement spécifique au sport											Autres sports et activités physiques	
		Endurance vitesse spécifique au sport (lactique)												
Endurance	Intensité variée												Faible intensité	
	Récupération lente / récupération active doivent être incorporées dan l'entraînement hebdomadaire pour aider à l'élimination du lactate et appuyer la récupération													
	Combiner VO _{2max} et entraînement AnT	Maintien					Entraînement spécifique au sport							Autres sports et activités physiques

Résumé pour création d'un programme d'entraînement efficace :

1. Identifier les zones-clefs de l'entraînement

- Identifier les zones principales à développer – déterminer les besoins individuels et collectifs. Cela peut présenter une grande variation d'un athlète à l'autre

2. Préparation pour une performance optimale

- Planifier les pics de performance
- Développer un niveau de performance solide pour la victoire sur l'ensemble de la saison – généralement la cohérence réussit !
- Autoriser et planifier les temps de récupération

3. Permettre un temps de développement

- Le développement athlétique est un long processus qui demande patience et persistance
- Avoir une attention particulière sur les principes fondamentaux, spécialement avec les jeunes et les athlètes en développement
- Ne pas faire de raccourcis
- De nouveau, un développement cohérent réussit !

4. Evaluer et contrôler les progrès

- Un contrôle périodique (tests) des progrès effectués permet d'assurer une bonne ligne directrice vers les objectifs fixés
- Les tests doivent être pratiqués à la fin de chaque phase du programme, selon le calendrier suivant :
 - une session de tests importante au début de la période annuelle d'entraînement et à chaque fin de phase programmée.
 - des sessions de tests moins nombreux mais concentrés sur les principaux facteurs de performance propres au sport, en fin de microcycles.
- Exécuté correctement, ils accroissent la motivation des athlètes.

8.3 Des tests à l'entraînement ou comment développer les qualités athlétiques

8.3.1 L'ASDI

Ces principes d'entraînement sont encadrés par le principe de l'ASDI = Adaptation Spécifique au Demandes Imposées. Cela signifie que le corps de l'athlète s'adapte spécifiquement à l'entraînement qui a été effectué.

Comme nous l'avons vu précédemment, les tests seuls ne suffisent pas en sport. Si les données des tests ne sont pas bien exploitées pour améliorer les performances de l'athlète ou de l'équipe, le temps et l'argent investis dans les tests seront gaspillés. Les données des tests sont un outil de valeur pour le staff technique, pour le développement, l'amélioration et le contrôle de l'entraînement.

Dans cette section, nous aurons à coeur de revisiter les aspects génériques de l'entraînement et de la préparation physique.

Les activités de l'entraînement étant planifiées, les principes suivant doivent rester à l'esprit :

+ Spécificité de l'entraînement

La spécificité de l'entraînement renvoie au fait que le résultat de l'entraînement est décidé par ce qui a été entraîné et comment.

+ Volume

Le volume est la quantité de travail effectué. Le volume est le produit du nombre de répétitions et des poids soulevés pour le renforcement musculaire, la distance parcourue pour la course etc.

+ Intensité

L'intensité est la force de stimulation ou la persistance au travail. Cela est souvent lié aussi à la qualité du travail.

+ Densité

La densité est la fréquence de l'entraînement dans une période de temps donné.

+ Progression (et variété)

Le corps humain est une formidable machine capable de s'adapter à une très grande variété de facteurs qui lui infligent un stress. Ceci est appelé le processus d'adaptation.

Le corps de l'athlète est capable de s'adapter aux demandes physiologiques de l'entraînement. Mais si aucun changement ne se produit au cours des entraînements, le corps va adapter et ajuster ses fonctions. Une fois l'adaptation complétée, l'entraînement n'aura plus d'effet positif ! La stagnation des performances en compétition, à l'entraînement ou lors des tests en est la démonstration. L'entraînement doit être changé en variant le volume, l'intensité ou la densité. La charge de travail sera alors augmentée d'une façon progressive, afin d'atteindre le niveau optimal de performance de l'athlète, selon le schéma de progression suivant : préparation de base, capacités de base, préparation avancée, capacités avancées

Les lignes directrices supplémentaires pour la progression de l'entraînement sont :

- Du simple au complexe
- Du facile au difficile
- Du centre aux extrémités
- Du léger au lourd (du poids du corps aux poids additionnels)
- De l'exécution correcte à des répétitions accrues jusqu'à une augmentation de l'intensité
- Utilisation d'objectifs appropriés et fonctionnels

La variété est nécessaire à l'entraînement pour offrir des changements, par exemple en prenant soin d'alterner les exercices des mouvements de base, comme le travail de la fonction musculaire. Les capacités d'adaptation du corps pourront être inhibées, du moins partiellement. De plus, la variété permettra aux athlètes de ne pas s'ennuyer !

8.3.2 La surcompensation

La surcompensation est un autre terme désignant le principe de l'ASDI, adapté au domaine de l'entraînement. La surcompensation se réfère au processus d'adaptation de l'athlète par rapport à l'entraînement.

Seul les exercices qui sollicitent fortement les réserves énergétiques et qui entraînent la fatigue, permettent une amélioration du potentiel initial par les phénomènes de surcompensation. Si l'athlète est autorisé à avoir un temps de récupération après l'entraînement, le corps se régénérera, refera le plein de ses stocks d'énergie et réparera les tissus endommagés. Le corps humain a une capacité incroyable à se ressaisir après avoir subi de très hauts niveaux de stress physique et de dommages.

On peut constater une augmentation des substrats énergétiques et des enzymes sollicitées accompagnées d'une amélioration de la performance, après un délai de récupération consécutif à des efforts intenses et prolongés.

Figure 44 Cycle de surcompensation basé sur une session d'entraînement

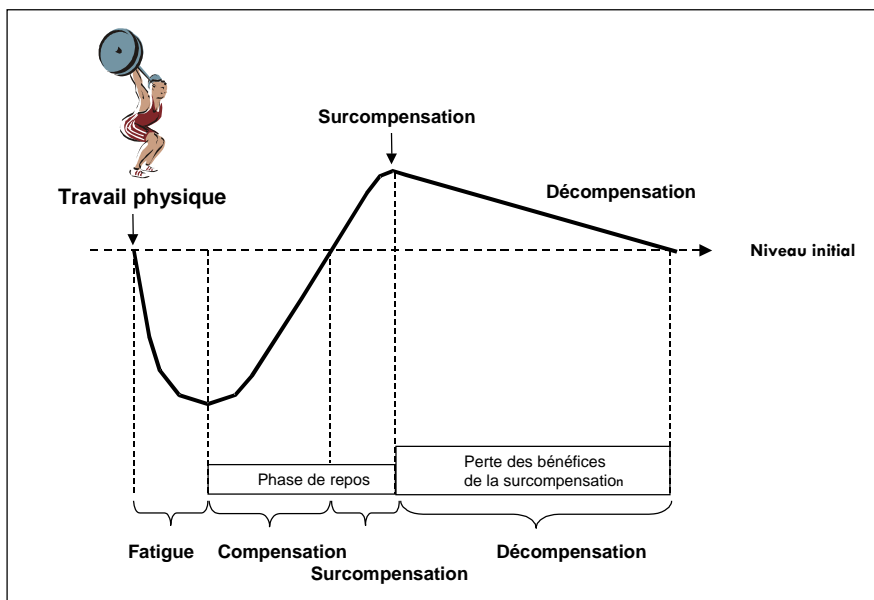
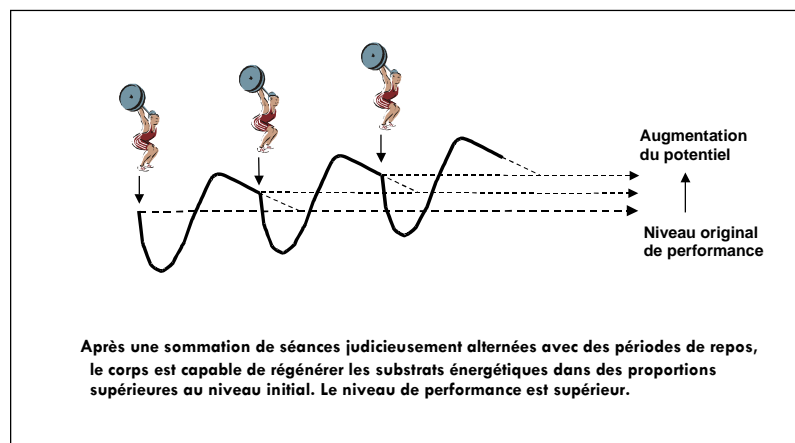
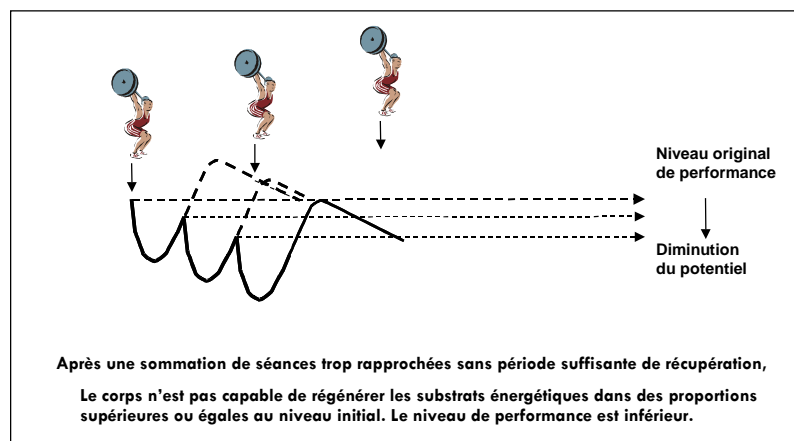


Figure 45 Cycle de surcompensation avec une distribution optimale des stimuli à l'entraînement



Si aucune autre séance n'est prévue pendant la phase ondulatoire, les bénéfices acquis vont être perdus graduellement et le niveau de performance reviendra à celui précédent la session d'entraînement. On obtient l'entretien de la qualité sollicitée mais pas d'amélioration. Si la session d'entraînement suivante se déroule avant que le corps n'ait eu le temps de se reposer et de se régénérer, la surcompensation n'aura pas lieu ; les capacités de performances déclineront. Si cela se produit de façon répétitive, cela conduira l'athlète au surentraînement. Si durant une phase de l'entraînement ou de la compétition la récupération n'est pas optimale, une période de récupération supplémentaire sera nécessaire pour que puisse se réaliser la surcompensation.

Figure 46 Cycle de surcompensation avec un des stimuli à l'entraînement trop proches les uns des autres



8.3.3 Repos et récupération

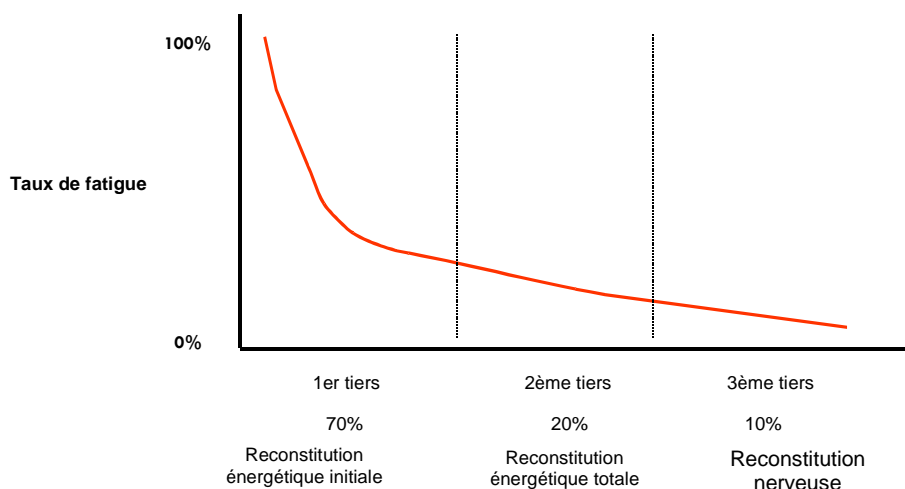
Lorsque les programmes d'entraînement sont planifiés, les temps repos et de récupération sont des paramètres essentiels à établir. L'adaptation du corps aux efforts de l'entraînement s'effectue durant la récupération. Ainsi, un temps de récupération adéquat doit être donné à l'athlète durant les entraînements et la compétition. Lorsque la récupération n'est pas achevée totalement sur une période étendue, une extension du temps de récupération est nécessaire car la fatigue s'accroît. Il faut en général un à deux mois pour que s'installe la fatigue, mais cela peut être plus rapide face à un accroissement drastique du volume et/ou de l'intensité de l'entraînement. La récupération est influencée par de nombreux facteurs (tableau ci-dessous), c'est un processus multidimensionnel.

Tableau 19 Les facteurs affectant la récupération
(selon Bompa, 1999)

Facteurs	Effets sur la récupération
Age	>25 une récupération plus longue car ralentie par l'âge <18 une récupération longue facilite la surcompensation
Expérience	Les athlètes expérimentés par l'habitude des entraînements sont capables de récupérer plus vite car leur capacité d'adaptation est meilleure
Sexe	Les athlètes féminines ont un niveau de régénération inférieur, à cause des processus hormonaux (testostérone)
Facteurs environnementaux	Haute altitude, froid = récupération plus lente
Flexibilité – niveau de mouvement	La souplesse articulaire (SA) est contrariée par le raccourcissement des muscles
Types de fibres musculaires Primairement utiliser à l'entraînement	Les fibres rapides tendent à récupérer plus vite que les fibres lentes, grâce à leurs propriétés de contraction
Type d'exercice Type de système d'énergie utilisé	ATP-CP système – récupération rapide Glycolyse – récupération lente
Facteurs psychologiques	Le stress psychologique ralentit le processus de récupération à cause de l'action d'hormones de stress qui sont cataboliques par nature. Le stress accroît la tension musculaire, la perte de coordination et l'utilisation d'énergie.
Blessures Traumatismes	Les blessures ralentissent la récupération à cause de l'accroissement des hormones cataboliques et de facteurs psychologiques
Disponibilité de nutriments	Une disponibilité adéquate dans le sang et dans les cellules améliore le niveau de récupération en fournissant les matériaux pour réparer les tissus endommagés et remplir les stocks d'énergie.
Transfert d'énergie Evacuation des déchets	Le transfert d'énergie chez les athlètes entraînés permet une reconstitution d'énergie plus rapide dans les muscles et dans le foie (glycogène). L'élimination des déchets est améliorée par l'entraînement. Les composants cataboliques et nocifs sont évacués du corps plus vite, ce qui favorise une récupération plus rapide.

La récupération n'est pas un processus linéaire mais une courbe caractérisée par une brusque chute de 70 % durant le premier tiers et 20 % lors du second tiers, enfin de 10 % pour le dernier tiers. Si la récupération fait suite à une fatigue à court terme, un épuisement ou un surentraînement chronique impliquant le système neuro endocrinale, elle dépend essentiellement de l'utilisation du système d'énergie.

Figure 47 Courbe de récupération
(Bompa, 1999)



Différents processus biologiques entrent en jeu lors de la récupération :

- ✚ Le rythme cardiaque et la pression sanguine retournent à des valeurs normales en 20 – 60 minutes
- ✚ Les stocks de glycogène sont reconstitués en 10 – 48 heures après des exercices aérobies et en 5 – 24 heures après des exercices anaérobies
- ✚ Les protéines sont reconstituées en 12 – 24 heures
- ✚ Vitamines, minéraux et enzymes sont reconstitués en 24 heures

Tableau 20 Temps de récupération après un exercice épuisant
(selon Bompa, 1999)

Processus de récupération	Minimum	Maximum
ATP-CP musculaire	2 min	3 – 5 min
Aérobie alactique	3 min	5 min
Restockage O ₂ -myoglobine	1 min	2 min
Aérobie / Lactique	30 min	60 min
Restockage des muscles en glycogène - Après des exercices intermittents en anaérobie	2 heures pour remplir 40% 5 heures pour remplir 55% 24 heures pour remplir 100%	
- Après des exercices prolongés et continus	10 heures pour remplir 60% 48 heures pour remplir 100%	
Evacuation de l'acide lactique des muscles et du sang	10 min pour évacuer 25% 20 – 25 min pour évacuer 50% 60 – 75 min pour évacuer 95%	

Méthode pour favoriser la récupération :

Une récupération normale après un exercice ne requiert ni méthode spéciale ni équipement : repos, activité légère et bonne nutrition sont les clés de la récupération. Quoiqu'il en soit, lorsque l'entraînement pour un haut niveau de compétition dépasse les capacités normales du corps et que la récupération après l'entraînement est réduite ou que le programme de compétition exige des heures de voyages prolongées ralentissant la récupération, il existe des façons et des moyens pour aider la récupération.

✚ Récupération active

La récupération active se réfère à l'élimination des déchets dans les muscles et la circulation sanguine comme l'acide lactique. La récupération active est généralement composée d'exercices aérobie légers d'un niveau de 30 – 50 % de la VO_{2max} , de l'athlète qui est égale à 50 – 60 % du rythme cardiaque maximum de l'athlète. De plus, la récupération active inclut généralement les étirements à la fin de la période de récupération.

✚ Récupération complète ou passive

La récupération complète par le sommeil est la principale méthode. Les athlètes peuvent dormir de 9 – 10 heures par jour. Normalement un athlète devrait dormir de 8 – 9 heures par nuit et, si possible, équilibrer le reste de sommeil avec une sieste pendant la journée. Les athlètes doivent se conformer à un sommeil régulier et un style de vie le permettant.

✚ Physiothérapie

Il s'agit du massage, de l'utilisation de la chaleur et du froid, acupuncture.

✚ Moyens psychologiques

Les moyens psychologiques se concentrent généralement sur l'évacuation du stress de l'athlète. La relaxation et le management du stress sont des méthodes communes. Occasionnellement, l'hypnose peut être utilisée. Mais encore une fois, la consultation d'une personne qualifiée est conseillée pour l'utilisation d'autre méthode que la relaxation.

Gestion de la surcompensation et de la récupération à l'entraînement

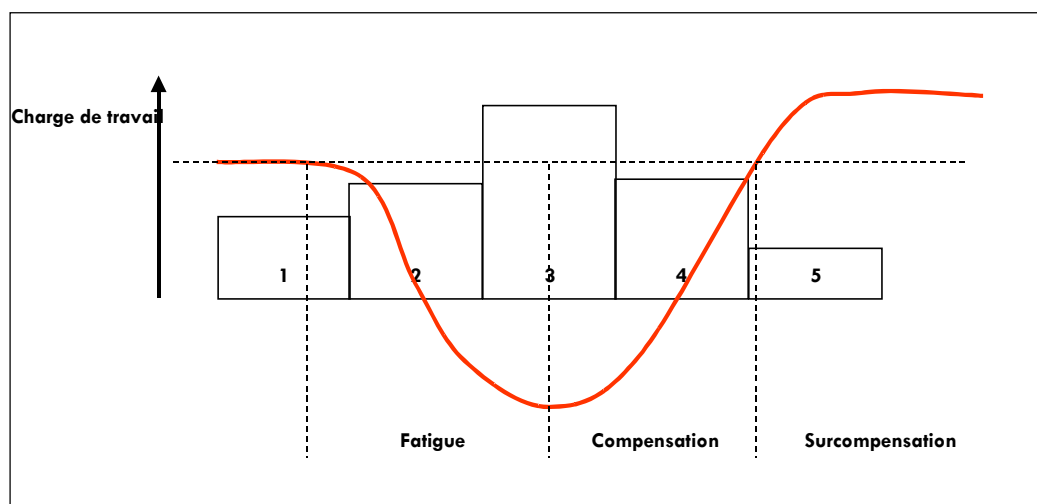
Le résultat désiré du programme d'entraînement est l'amélioration significative des performances. Les athlètes doivent être à leur meilleur niveau au moment important : compétitions majeures de la saison, playoffs ou finales. Dans les sports d'équipe, les joueurs doivent aussi être capables de maintenir des performances pleines tout au long de la saison.

Il est nécessaire de programmer les pics de performance souhaités au cours de l'année: le meilleur résultat de la saison ou du cycle d'entraînement, est appelé pic de performance athlétique.

Combinaison de la périodisation, de la surcompensation et la récupération dans le pic de performance.

Le programme incorpore une augmentation progressive du volume de travail, de l'intensité et de la variété des exercices, avec des périodes de récupération. Durant la saison, la charge de l'entraînement s'accroît graduellement à l'approche de la compétition (principale) et cause un accroissement du niveau de fatigue chez l'athlète. Un allègement graduel de l'entraînement permet au corps de l'athlète de récupérer, de compenser et, éventuellement, de surcompenser. Ceci est illustré dans le graphique suivant.

Figure 48 Effet de la charge de l'entraînement sur la surcompensation durant cinq cycles d'entraînement consécutifs.



Lorsque les athlètes sont autorisés à alléger leur entraînement et à récupérer, la surcompensation va s'opérer. En cas de parfaite maîtrise, les athlètes seront au meilleur de leur condition pour la compétition. Durant les longues saisons des sports collectifs, alterner les pics de performance et les phases de récupération permet des performances régulières tout au long de la saison.

8.3.4 Vitesse et accélération

La vitesse est l'essence de tout sport. Contrairement aux croyances, la vitesse peut être entraînée et améliorée significativement. Le temps et les efforts passés à bâtir la vitesse d'un athlète ou d'une équipe seront récompensés.

L'amélioration de la vitesse nécessite la connaissance de ses athlètes. La vitesse doit être testée sur les distances les plus critiques, spécifiques à chaque sport. Généralement en sport collectif, une approche commune est de tester des phases d'accélération de 5 à 10 mètres et la vitesse sur 30 mètres (l'athlète devant rarement sprinter plus). Le facteur le plus important est la capacité de l'athlète à accélérer et décélérer.

Entraînement de la vitesse

Lorsqu'un programme d'entraînement de la vitesse est développé, une progression de l'enseignement bien approfondi et de l'entraînement doit être observée. Cela est très important pour les jeunes athlètes et ceux en phase de rééducation après une blessure. C'est très utile aussi pour les vétérans.

- ✚ Analyser les capacités motrices
- ✚ Enseigner les techniques appropriées pour les performances de vitesse
- ✚ Entraîner les techniques appropriées et travailler les capacités en utilisant une progression de l'entraînement propre
- ✚ Réduire lorsque/si des blessures arrivent

Durant les entraînements il est nécessaire de recréer toutes les situations demandant de la vitesse et de la rapidité

**Capacités de base
Capacités de base avec variations
Capacités de base avec réaction
Capacités de base avec opposition
Capacités supérieures**

(Vern Gambetta, 2000)

Départ et accélération

Les performances de vitesse commencent par le départ. Il faut enseigner à l'athlète comment utiliser la bonne technique de démarrage, pour des départs arrêtés ou en mouvement (ralentir et changer de direction). Démarrer signifie vaincre le moment d'inertie – les forces qui résistent au mouvement. Un bon départ un positionnement du corps avec une distribution du poids optimale. Les exercices de démarrage incluent la réaction et la reconnaissance, le travail des jambes et la propulsion ainsi que les changements de direction.

L'accélération est la clé de toute performance de vitesse en sport collectif. Elle commence avec le premier pas, en maintenant un bon équilibre et une base de support permettant à l'athlète de se diriger. Les pas de drive suivront. Une bonne posture dans toute activité de vitesse est la base de construction d'une vraie performance de vitesse. Elle va aider l'athlète à créer les angles d'articulations les plus efficaces pour la production de force. La force est appliquée par une poussée utilisant les drives explosifs. La longueur des enjambées est composée graduellement de trois à six étapes. L'accélération est très liée aux améliorations de la force explosive et de la puissance.

Lors d'une ré accélération après un ralentissement ou un changement de direction sont enseignés, il faut focaliser l'attention de l'athlète sur la nécessité « à sortir vite ». L'approche plus ou moins rapide du ralentissement est moins importante que la phase de relancer. Entrer dans la phase de ralentissement demande un contrôle de la décélération, une solide base de support et de la stabilité. Une large base de support fournit plus de stabilité et plus de possibilités pour des mouvements multidirectionnels.

Tableau 21 Les dynamiques de l'accélération
(Gambetta & Winckler, 2001)

Dynamique	Changement
Longueur d'enjambée	De courte à longue
Temps de contact au sol	De longs à courts
Angle de la jambe par rapport au sol	De petit à large
Vitesse	De lente à rapide
Fréquence d'enjambée	De lente à rapide

Vitesse maximale

La vitesse maximale est le facteur de performance déterminant en sprint et dans les grands évènements.

L'entraînement de la vitesse maximale vise la bonne posture pour la vitesse, une base de mouvement technique, précis et spécifique. Comme nous l'avons déjà examiné, la vitesse est le produit du nombre d'enjambée et de leur longueur. Au niveau de la vitesse maximum, la longueur des enjambées devient un facteur de plus en plus important puisque la fréquence des enjambées tend à décroître quand la distance augmente.

L'entraînement de la vitesse nécessite des conditions de non fatigue

Entraîner toujours la vitesse avant la force ou l'endurance!

Tableau 22 Sommaire – les programmes d’entraînement améliorant l’accélération et la vitesse (selon Dintiman, 2001)

Amélioration des facteurs de la vitesse	Méthode d’entraînement appliquée
Accélération	Entraînement spécifique au sport pour le départ / démarrage Plyométrie Correction des déséquilibres musculaires Entraînement fonctionnel de la force et de la puissance Sprint avec charges Entraînement du sprint assisté (dépassement de la vitesse)
Forme et technique	Entraînement de base Mécanique du sprint/vitesse et entraînement technique
Longueur d’enjambée	Entraînement de base Plyométrie Correction des déséquilibres musculaires Entraînement fonctionnel de la force et de la puissance Sprint avec charges Entraînement du sprint assisté Entraînement de la souplesse
Taux de foulées	Entraînement du sprint assisté Correction des déséquilibres musculaires
Endurance/vitesse	Sprint avec charges Entraînement de l’endurance/vitesse

8.3.5 Force

La force explosive est caractérisée par un haut niveau de développement de force (TDF), une capacité à produire une grande force de propulsion et une grande quantité de puissance (mécanique). Souvent la force explosive est substituée dans les discours par force/vitesse et puissance explosive.

Force/vitesse

La force /vitesse est une zone de production de force explosive dans laquelle la force sans contrainte de poids supplémentaire. La contraction et les vitesses d’angulation sont extrêmement hautes, et un fort niveau des fibres musculaires rapides est recruté. Le poids de l’entraînement est généralement d’un niveau de 0 – 60 % d’une répétition maximale (RM).

Force explosive

La force explosive diffère de la vitesse à cause des poids ou des résistances extérieures qui sont bien supérieurs : 50 – 80 % d’un RM. L’entraînement se focalise aussi sur les fibres musculaires rapides. Naturellement, les vitesses de contraction et de mouvement sont plus lentes à cause des poids ou des résistances extérieures. Par contre, la puissance mécanique générée est supérieure.

Force maximale

La force maximale est définie comme la capacité à exercer la plus grande quantité de force dans un seul effort. Généralement en sport, elle est observée en poids soulevé dans une répétition maximale (RM). L’utilisation de poids lourds ou très lourds à l’entraînement permet de développer la force maximale. Soit le développement musculaire permet de rejoindre la masse musculaire maximale (hypertrophie), soit la capacité de mobilisation neuromusculaire et de production de force. Pour développer la force maximale, la résistance ou poids d’entraînement doivent dépassés les 80 % d’une RM. Le nombre de répétitions est généralement de 1 – 6 par série. Et le nombre d’exercice par série est de 1 – 4. L’entraînement de la force maximale accroît les réserves de force de l’athlète qui est la différence entre la force maximale de l’athlète dans un mouvement donné et la quantité vraiment nécessaire pour réaliser ce mouvement particulier. Plus les réserves sont grandes, plus le mouvement est efficient.

Tableau 23 Poids de l'entraînement et développement de la force
(Modifié à partir de Häkkinen, 1990 and Fleck & Kramer, 1997)

	Force Endurance		Force Maximale			Vitesse/ Force explosive	
	W aérobie	W anaérobie	Hypertrophie	Mixte	Neurale	Mixte	Neurale
Charge (en % d' 1 RM)	0 - 30	20 - 60	60 – 80	70 – 90	90 – 100	30 – 80	30 - 60
Répétitions/Séries	30+	10 – 30	6 – 12	3 – 6	1 – 3	1 – 10	1 - 10
	Force/Puissance			Force/Puissance			
	Basse Production de Force			Production de Force Maximale			
	Endurance de Haute Intensité			Endurance de Haute Intensité			
	Endurance de Basse Intensité			Endurance de Basse Intensité			

Entraînement plyométrique

L'entraînement plyométrique est le genre d'entraînement de la force dans lequel le cycle d'étirement contraction (CEC) est utilisé. Aujourd'hui, les exercices de CEC sont utilisés de plus en plus. Dans ce type d'exercice, le muscle est étiré avant le raccourcissement (contraction concentrique). Durant l'étirement les composants élastiques du muscle emmagasinent de l'énergie qui sera libérée si la contraction suit immédiatement. La libération de l'énergie élastique peut accroître la production de force de 20 – 30 %. Un aspect supplémentaire est le réflexe de l'étirement qui dépend du niveau d'étirement du muscle. L'activité du réflexe d'étirement permet des contractions plus rapides durant le cycle CEC en réduisant le temps de réponse considérablement. Le cycle CEC et l'entraînement accroissent la production de force en permettant un meilleur niveau d'étirement, par exemple la tolérance aux charges d'étirements: plus grand est le niveau d'étirement, plus la contraction est forte. Les entraînements plyométriques ou CEC peuvent être pratiqué sur le haut comme sur le bas du corps. Il est plus courant de l'utiliser pour le conditionnement des membres inférieurs. Ces exercices sont généralement soit des sauts horizontaux ou verticaux, soit des sauts multiples, sauts avec chute, etc. Pour la partie supérieure du corps différents types d'exercices de lancer sont communément utilisés. Ces exercices sont dits balistiques explosifs.

Tableau 24 Echelle de niveau d'intensité plyométrique
(modifiée à partir de Gambetta, 1998)

<i>Niveau d'Intensité</i>	Exercices	Nombre de contacts au sol	Temps de récupération (après l'entraînement)	Recommander pour
1 (Très faible)	Sauts sur place	<100	Très court	Débutant
2 (Faible)	Sauts statiques	100-150	Relativement court (un jour)	Niveau intermédiaire
3 (Modéré)	Bonds et sauts en longueur	150-200	Un ou deux jours	Niveau intermédiaire
4 (Grande)	Sauts d'obstacles	200-250	Relativement long (au moins deux jours)	Niveau avancé
5 (Très grande)	Sauts plus approfondis	250>	Très long (plusieurs jours)	Niveau avancé

Vitesse et force explosive ne sont pas exclusivement entraînées avec des méthodes balistiques comme en plyométrie. Comme nous l'avons déjà vu, plus forte est la demande de production de force, plus les fibres musculaires rapides et leurs unités motrices sont activées. De plus, il a été démontré que de haut

niveau de production de force sont corrélés avec la capacité à produire une grande puissance mécanique, par exemple les sauts verticaux et les exercices traditionnels d'haltères.

Ainsi, les entraînements “traditionnels”, lorsqu'ils sont réalisés correctement, sont de très puissants moyens pour développer la force explosive. Traditionnellement, l'entraînement de la puissance se focalise sur la vitesse de mouvement ou d'un objet. Quoiqu'il en soit, le TDF joue un rôle important dans la capacité de production de puissance. Donc, des charges lourdes peuvent et doivent être utilisées à l'entraînement. Les impulsions nerveuses qui servent à recruter les fibres musculaires rapides, jouent un rôle clé ici : quand l'intensité augmente pour pouvoir accroître la production de force et de puissance, les fibres musculaires rapides et leurs unités motrices doivent être activées. Ceci, de plus, est stimulé lorsque l'exercice est pratiqué en utilisant le “principe de force/vitesse”, réalisant une contraction explosive avec un degré d'impulsion nerveuse volontaire. Simultanément, la force maximum et les réserves de force sont améliorées. Quand ces types d'exercices sont combinés avec des activités balistiques explosives, la productivité de l'entraînement améliore très grandement la force explosive !

La volonté de réaliser une contraction musculaire explosive joue un rôle clé dans le développement de la force explosive. Des poids lourds doivent être soulevés le plus explosivement possible : principe de force/vitesse.

8.3.6 Rapidité et agilité

Rapidité et agilité dépendent de la coordination et de la capacité de l'athlète à intégrer une base de mouvements pour un résultat désiré dans une situation donnée. Cela inclut la capacité à réaliser le mouvement nécessaire au sport avec facilité, précision et rapidité.

Un niveau de force adéquate est nécessaire pour développer la rapidité et l'agilité. La force est une condition de base pour tout développement de capacité. De plus, les athlètes doivent être entraînés selon des activités variées qui favorisent les développements multilatéraux. L'athlète doit utiliser avec efficacité les deux côtés de son corps, en réduisant la prédominance d'un côté sur l'autre. Il doit pouvoir maîtriser avec facilité la manipulation des objets. Alors, l'attention de l'athlète pour son environnement et son corps sera suffisamment développée pour pouvoir introduire les mouvements et capacités spécifiques au sport.

Tableau 25 Méthodes de développement de la coordination (selon Bompa, 1999)

<i>Méthodes</i>	Exemples d'exercice
Positions de départ inhabituelles	Exercices de saut sur tous les plans du mouvement
Réalisation des capacités sans côtés du corps prédominant	Lancer ou passer, shooter, dribbler avec sa jambe ou son bras non dominants
Variation de la vitesse, du rythme et des temps de mouvement	Variation du tempo des exercices
Variation des éléments techniques des capacités	Utilisation d'équipements variés : haies, plots...
Changer les niveaux de difficulté des exercices	Utilisation de différents niveaux de difficulté et applications dans les exercices
Combiner les capacités connues avec de nouvelles	Utilisation de nouvelles techniques dans la routine de l'entraînement Utilisation de nouvelles capacités dans les exercices
Accroître la résistance ou l'opposition	Utilisation additionnelle de résistances extérieures Equipement avec des poids en plus ou en moins, vestes de poids, adversaires..
Utiliser des environnements inhabituels	Changement de surfaces : du souple au dur, réduction des zones de jeu
Effectuer d'autres activités sportives	Incorporer de nouveaux jeux et activités au programme d'entraînement Comme les sports de raquettes, gymnastique...

De nombreuses variétés d'exercices sont disponibles pour améliorer l'agilité. L'un des aspects les plus importants de l'agilité et de la rapidité est le travail des jambes. Sans un bon travail des jambes, il est très difficile d'être agile et de changer la direction d'un mouvement ou d'appliquer sa force au sol dans différentes positions du corps.

La phase d'apprentissage suivante doit prendre en compte les mouvements d'agilité spécifiques à chaque sport. Ceux-ci ajoutent plus de difficulté et demandent à l'athlète d'évoluer dans un environnement et de reproduire des mouvements simulant une phase de manipulation. Il faut commencer par une vitesse lente demandant de la précision puis une vitesse plus rapide sans réduire la demande de précision. Maintenir la qualité de mouvement !

Ensuite, la balle, la raquette, le club ou la batte sont incorporés aux exercices pour les rendre plus spécifiques au sport pratiqué. Comme présenté dans le tableau précédent, l'utilisation d'autres sports est aussi un excellent moyen pour développer l'agilité. Par ailleurs, les exercices de plyométrie et CEC sont d'excellentes méthodes d'amélioration de la demande proprioceptive pour l'entraînement de la rapidité et de l'agilité.

8.3.7 Endurance vitesse

L'endurance/vitesse ou l'endurance spécifique à un sport est une partie intégrale de la conversion de l'entraînement de l'endurance en performance spécifique au sport. C'est aussi une partie de l'entraînement de la vitesse : la capacité à maintenir la vitesse lors de sprints répétés requiert de l'endurance/vitesse ! C'est un facteur très important pour les sports collectifs aussi.

Les processus d'énergie en anaérobie sont très liés à l'endurance/vitesse.

Endurance vitesse alactique

Elle améliore principalement la capacité du système ATP-CP et le système d'énergie glycolytique. Ceci est caractérisé par des charges de travail intense et très court, de moins de 15 secondes, par exemple : une simple accélération sur quelques mètres durant un match de football ou sur un lancer dans un match de football américain.

Lors de l'entraînement de l'endurance/vitesse alactique, l'exemple suivant peut être utilisé très efficacement : utiliser un exercice de sprint sur 60 mètres en 3 manches composées de 4 répétitions. L'intensité de l'entraînement est déterminée par le rapport entre la vitesse maximale de l'athlète sur 60 mètres et son meilleur temps sur la même distance. Le temps de récupération devrait être de 2 – 4 minutes entre les sprints et de 6 – 10 minutes entre les manches. L'athlète doit courir à un temps donné et il faut s'assurer que l'athlète ne produise pas de lactate. Cet exercice peut aussi être utilisé pour améliorer la technique de sprint.

Tableau 26 Intensité de sprint dans une session d'entraînement en endurance/vitesse alactique
Meilleur temps de l'athlète sur sprint de 60 mètres : 7,60 secondes

	Début de la préparation		Fin de la préparation/début de saison	
	Intensité	Temps visés (s)	Intensité	Temps visés (s)
Série 1	88%	8,51	90%	8,36
Série 2	90%	8,36	93%	8,13
Série 3	93%	8,13	96%	7,90

Les variations incluent l'utilisation d'exercices spécifiques au sport, introduisant le ballon, la batte ou la crosse, tant que les règles du jeu n'entraînent pas la production d'un fort taux de lactate. L'entraînement de l'endurance/vitesse alactique doit être appliqué à chaque séance car il fait partie intégrante du programme d'amélioration de la vitesse.

Endurance vitesse lactique

Elle vise la capacité de production de lactate et la capacité en anaérobie. La durée des charges de travail est étendue à 30 ou 45 secondes. L'intensité est forte et le temps de récupération est réduit. Le niveau de lactate produit dépend des variations de l'intensité et du temps de récupération. Puisque de fort taux de lactate sont produits, ce type d'entraînement permet d'améliorer la tolérance au lactate. L'endurance/vitesse lactique est nécessaire dans les sports de grande intensité avec des temps de travail étendu, comme le hockey sur glace.

Un exemple d'exercice d'endurance/vitesse lactique est le suivant : 5 sprints de 200 mètres à 80 % par rapport au meilleur temps sur la même distance, avec un temps de récupération de 4 minutes entre les sprints.

La capacité anaérobie est développée assez rapidement, il faut entre 6 et 12 sessions intenses d'entraînement. Il est important de se rappeler que les exercices produisant de hauts niveaux de lactate demandent des temps de récupération plus long ! Durant ces périodes de récupération, il n'a pas de sens à essayer de développer la vitesse ou la force/vitesse.

Une bonne endurance aérobie de base aide l'athlète à tolérer l'entraînement d'endurance/vitesse en absorbant la production de lactate et en améliorant la capacité d'élimination du lactate après

l'entraînement. Il est démontré que des exercices de faible intensité en aérobie sont une méthode efficace pour évacuer le lactate, durant les périodes suivant les exercices.

Tableau 27 Sommaire des entraînements de vitesse et d'endurance/vitesse (selon Winckler, 1991)

Terminologie commune	Distance de sprint	Composant et description des objectifs	Système d'énergie	En % de la meilleure performance	Repos entre séries et répétitions
Endurance/ Vitesse Alactique	20 – 80 m	Vitesse [Puissance anaérobie] [Force acide alactique]	Anaérobie alactique	90 – 95% 95 – 100%	3 - 5'/6-8'
	30 – 80 m	Endurance/vitesse alactique [Puissance anaérobie] [Capacité acide lactique]	Anaérobie alactique	90 – 95% 95 – 100%	1 – 2'/5 – 7' 2 – 3'/7 – 10'
Endurance/ Vitesse	<80 m	Endurance/vitesse courte glycolytique [Capacité anaérobie] [Puissance anaérobie] [Capacité acide lactique]	Glycolyse anaérobie	90 – 95% 95 – 100%	1'/3-4' 1'/4'
	80 – 150 m	Endurance/vitesse [Puissance anaérobie] [Force acide alactique]	Glycolyse anaérobie	90 – 95% 95 – 100%	5 – 6'/6 – 10'
Spécial Endurance I	150 – 300 m	Endurance/vitesse longue [Puissance anaérobie]	Glycolyse anaérobie	90 – 95% 95 – 100%	10 – 12'/12 – 15'
Spécial Endurance II	300 – 600 m	Tolérance au lactate [Capacité acide lactique]	Tolérance aux lactates	90 – 95% 95 – 100%	15 – 20'/full
Tempo Intensif	>80 m	Capacité aérobie [Capacité acide lactique]	Mixte Aérobie & Anaérobie	80 - 89%	30'' – 5'/3 – 10'
Tempo Extensif	<200 m	Capacité aérobie	Aérobie	<69%	<45''/2'
	>100 m	Puissance aérobie	Aérobie	70 – 79%	30 – 90''/2-3'

8.3.8 Combinaison entraînement aérobie avec vitesse, puissance et endurance vitesse

La plupart des sports d'équipe et de raquette demandent des sprints intermittents, des sprints en phase de transition dans le jeu. De tels efforts en rupture bénéficient de périodes de récupération plus longues que celles de la durée du sprint. Ces sports sont par exemple le tennis, le volley-ball ou le football américain.

Les jeux de transitions sont caractérisés par de constant flux d'action et de mouvement avec des périodes de grands efforts et vitesses, tout au long du jeu. Ces sports sont le football, le basket-ball, le Rugby et le handball. Les exercices de haute intensité et les explosions d'énergie sont entrecoupés de périodes de basse intensité ou de repos complet. La plupart de l'énergie est produite par le système d'énergie en anaérobie. Les périodes de récupération sont alimentées par le système d'énergie oxydatif pendant lequel le lactate est également évacué. Le système d'énergie aérobie est un facteur très important lors de la préparation de l'entraînement et de la compétition.

L'endurance aérobie (VO_{2max}) doit donc être améliorée en même temps que l'endurance vitesse. La VO_{2max} limite rarement les performances dans les sports collectifs. Toutefois, l'entraîneur ne doit pas passer trop de temps à l'amélioration de la VO_{2max} .

Comme nous l'avons déjà mentionné, une bonne base d'endurance aérobie avec un seuil de battements cardiaque de 40 à 60, et un seuil anaérobie de 20 à 40, sous les battements maximum, aide l'athlète à récupérer après les entraînements et les matchs, de façon précise.

L'amélioration de l'endurance aérobie avec un accent sur la capacité de récupération est fortement recommandée. Cet entraînement peut être incorporé dans les périodes de récupération active avec une basse intensité d'activité aérobie. De plus, les sessions d'échauffement et de relaxation doivent être utilisées dans ce sens. Ces activités physiques sont recommandées spécialement durant la pré saison ou pendant les phases de transition. Enfin, ces activités sont un excellent moyen pour brûler les calories et contrôler le taux de graisse (fat) du corps.

Tableau 28 Un exemple d'entraînement d'endurance en aérobie avec une emphase sur la récupération

Niveau maximum de battements cardiaques d'un athlète de 22 ans : $220 - 22 = 198$

Battements cardiaques	
Seuil Aérobie	130-150
Seuil Anaérobie	160 - 170
Durée (min)	
Seuil Aérobie	45 +
Seuil Anaérobie	20 - 40

9. Conclusion

En augmentant les limites de la connaissance et des compétences, vous faites tout d'abord ce qui est nécessaire, Puis ce qui est possible, et enfin vous pourrez faire l'impossible !

Adopté et modifié à partir d'une citation de St. François d'Assises

Des tests efficaces sont un outil de valeur pour les athlètes, entraîneurs et encadrement général pour développer avec succès un programme athlétique ou sportif. L'athlète apprend à "écouter son corps" et à comprendre comment l'entraînement influence son corps et ses performances. Les résultats des tests peuvent être très motivants pour tout athlète, du junior au professionnel. L'entraîneur apprend comment les programmes d'entraînement qu'il a planifiés, fonctionnent et quelles sont les réponses des athlètes. Il peut obtenir un profil de performances de l'équipe ou du groupe et comparer les athlètes entre eux pour pouvoir choisir les plus performants pour le match, selon leurs conditions physiques et leurs positions sur le terrain. L'encadrement général possède un outil efficace grâce auquel il peut suivre la qualité de l'entraînement et le développement des athlètes. L'un des aspects les plus importants d'un bon programme de tests est la situation de blessure, les entraîneurs, docteurs ont une base de données sur l'athlète en question. Ces informations les aident à déterminer quand l'athlète est prêt pour un retour à l'entraînement collectif et plus tard à la compétition.

Comme nous l'avons mentionné au début, les tests ne sont pas des outils magiques qui transformeront les athlètes du jour au lendemain, mais sont d'excellents outils de travail avec lesquels il est possible de les améliorer, quand ils sont utilisés dans des programmes d'entraînement planifiés.

Des tests efficaces nécessitent un équipement précis et fiable, en parfaite condition de fonctionnement. De plus, la personne en charge de l'application des tests doit être formée et qualifiée pour cette tâche. Ainsi, il est important que les entraîneurs et préparateurs physiques, impliqués dans les sessions de tests, continuent d'accroître leurs connaissances et leurs compétences dans ce domaine. Des séminaires ou des cours d'éducation les aideront. En cas de doute, il est nécessaire de consulter un spécialiste avant de pratiquer les tests, de même pour l'interprétation des résultats.

Lorsque les résultats des tests sont mis en oeuvre dans la préparation de l'entraînement, de bonnes connaissances en physiologie, biomécanique et science de l'entraînement sont requises. Il est vital de pouvoir comprendre le concept de surcompensation et la façon dont le corps de l'athlète récupère après l'entraînement. Lorsque ces deux éléments sont assemblés, les bases d'un entraînement efficace sont posées. De même, la spécificité de l'entraînement doit être précisée. Les entraîneurs et préparateurs physiques doivent toujours se souvenir que chaque forme d'entraînement a sa propre réponse spécifique et que l'objectif est d'établir une relation entre le corps de l'athlète et la performance dans son sport.

En espérant sincèrement que la lecture de ce livre vous a été plaisante et que vous y avez trouvé des informations utiles, vous pourrez approfondir votre lecture avec les références ci-après. Certaines d'entre-elles sont issues de publications scientifiques et pourront être assez difficiles à lire. Les autres proviennent de livres et de journaux dédiés à l'entraînement qui seront plus agréables pour le lecteur. La connaissance et l'information sont des principes puissants pour les entraîneurs.

10. Bibliographie

- ACSM (2000) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 6th Ed. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Åstrand, P. O. & Rodahl, K. (1986) Textbook of Work Physiology. New York, NY: McGraw-Hill.
- Baker, D., Nance, S. & Moore, M. (2001) The Load That Maximizes the Average Mechanical Power Output During Jump Squats in Power Trained Athletes. *J. Strength Cond. Res.* 15(1): 92 – 97.
- Balsom, P. (1994) Evaluation of physical performance. In: Ekblom, B. (Ed.) *Football (Soccer)*, pp. 102-123. London, UK: Blackwell Scientific Publications.
- Bangsbo, J. (2000) Physiology of Intermittent Exercise. In: Garrett, W. E. & Kirkendall, D. T. (Eds.) *Exercise and Sport Science*, pp. 53-65. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359-368.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity Specificity of Resistance Training. *Sports Medicine* 15(6): 374-388.
- Bompa, T. O. (1999) *Periodization: theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Bosco, C. (1999) *Strength Assessment with the Bosco's Test*. Rome, Italy: Italian Society of Sport Science.
- Brown, J. (2001) *Sports Talent*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Brown, L. E. & Weir, J. P. (2001) ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power. *Journal of Exercise Physiology online*. Vol 4, No. 3, August 2001.
- Bouchard, C., Taylor, A. W., Simoneau, J-A. & Dulac, S. (1991) Testing Anaerobic Power and Capacity. In: MacDougall, J. D., Wenger, H. A. & Green, H. J. (Eds.) *Physiological testing of the High-Performance Athlete*, pp. 175 – 221. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Chu, D. A. (2001) Explosive Power. In: Bill Foran (Ed.) *High-Performance Sports Conditioning*, pp. 83-97. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers
- Dintiman, D. B. (2001) Acceleration and Speed. In: Bill Foran (Ed.) *High-Performance Sports Conditioning*, pp. 83-97. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Draper, J. & Lancaster, M. G. (1985) The 505 Test: A Test for Agility in the Horizontal Plane. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sports*. March: 15-18.
- Draper, N. & Whyte, G. (1997) Running Based Anaerobic Sprint Test. *Peak Performance*. Oct 1997, Issue 96, pp. 3-5.
- Enoka, R. (2002) *Neuromechanics of Human Movement*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Fatouros, I. O., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N. & Buckenmeyer, P. (2000) Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. *J. Strength Cond. Res.* 14 (4): 470-476.
- Gambetta, V. (1998) *The Gambetta Method*. Sarasota, FL: Gambetta Sports Training Systems.
- Gambetta, V. (2001) The Academics of Training. *Training & Conditioning*, 11.3, April 2001.
- Gambetta, V. (1998) *Soccer Speed*. Sarasota, FL: Gambetta Sports Training Systems.
- Gambetta, V. (2002) Rethinking periodization. *Training & Conditioning*, 12.2. March 2002.

- Gambetta, V. & Winckler, G. (2001) Sport Specific Speed. Sarasota, FL: Gambetta Sports Training Systems.
- Gaul, C. A. (1996) Muscular Strength and Endurance. In Doherty, D. (ed) Measurement in Pediatric Exercise Science, pp. 225-258. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Gleim, G.W. (1996) Strength, Speed, Flexibility. In: Garrett, W. E., Kirkendall, D. T. & Contiguglia, S. R. (Eds.) The US. Soccer Sports Medicine Book, pp. 17-27. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Graham, J. F. (2000) Agility Training. In: Brown, L. E., Ferrigno, V.A. & Santana, J.C. (Eds.) Training for Speed, Agility, and Quickness, pp. 79-143.. Champaign, IL: human Kinetics Publishers.
- Harmann, E. (1991) The importance of testing power output. NSCA Journal. Vol. 13, No. 5: 72 – 73.
- Häkkinen, K. (1990) Voimaharjoittelun perusteet. Jyväskylä: Gummerrus Oy.
- Kauranen, K. (1999) Human Motor Performance and Physiotherapy. Effect of Strapping, Hot and Cold Pack Treatments and Muscle Strength Training. Acta Univ. Oul. D 508.
- Kearney, J. T., Rundell, k., W. & Wilber, R. L.. (2000) Measurement of Work and Power in Sport. In: Garrett, W. E. & Kirkendall, D. T. (Eds.) Exercise and Sport Science pp. 31-52. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Kyröläinen, H. (1995) Neuromuscular Performance among Power- and Endurance-Trained Athletes. Jyväskylä: Studies In Sport, Physical Education and Health. University of Jyväskylä.
- McFarlane, B. (1991) The Science of Hurdling. Ottawa, ONT: Canadian Track and Field Association.
- The Nicholas Institute of Sports Medicine and Athletic Trauma (1996-2002) NISMAT Exercise Physiology Corner: Energy Supply for Muscle. www.nismat.org.
- Nummela, A. (1998) Voima-nopeusominaisuuksien testaaminen. In: Kuntotestauksen perusteet, pp.83-126. Helsinki: Liite ry.
- Linthorne, N. P. (2001) Analysis of standing vertical jumps using a force platform. Am. J. Phys. 69 (11), November 2001: 1198-1204.
- Luhtanen, P. (1994) Biomechanical Aspects. In: Ekblom, B. (Ed.) Football (Soccer) pp. 59-77. London, UK: Blackwell Scientific Publications.
- Martini, F. H. (1998) Fundamentals of Anatomy & Physiology, 4th Ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, Inc.
- McDougall, J. D. & Wenger, H.A. (1991) The Purpose of Physiological Testing. In McDougall, J. D., Wenger, H. A. & Green H. J. (Eds.), Physiological Testing of the High-Performance Athlete, pp. 1-6. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- McGinnis, P. (1990) Biomechanics of Sports and Exercise. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. (1987) Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelun toteutus käytännössä. In Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. (Eds.) Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä, Finland: Gummerrus Oy,.
- Mero, A. & Levola, M. (1997) Voiman testaus. In Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. (Eds.) Nykyaikainen urheiluvalmennus, pp.300-303. Jyväskylä: Gummerrus Oy.
- Oksa, J., Jämsén, A. & Rintamäki, H. (1995) A Throwing Gate Test as a Possible Tool for Occupational Health Care to Evaluate the Functional Capacity of Upper Body and Arms. In: Quality and Audit in Occupational Health Services Conference 22-24 Nov., 1995. Glasgow. ICOH Scientific Committee on Health Services Research and Evaluation in Occupational Health.

- Plisk, S. S. (2000) The Angle on Agility. *Training & Conditioning*, 10.6, September 2000.
- Plisk, S. S. (2001) Muscular Strength and Stamina. In: Bill Foran (Ed.) *High-Performance Sports Conditioning*, pp. 63-82. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Reilly, T. (1994) Physiological profile of the player. In: Ekblom, B. (Ed.) *Football (Soccer)*, 78-94. London, UK: Blackwell Scientific Publications.
- Reilly, T. (1996) Fitness Assessment. In Reilly, T (Ed.) *Science and Soccer*, pp. 25-49. London, UK: E & FN Spon.
- Ross, A., Leveritt, M. & Riek, S. (2001) Neural Influences on Sprint Running. *Training Adaptations and Acute Responses*. *Sports Med.* 31 (6): 409-425.
- Sale, D. (1991) Testing Strength and Power. In McDougall, J. D., Wenger, H. A. & Green H. J. (Eds.), *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*, pp. 21-106. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Sayers, S. P., Harakiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N. & Rosenstein, M. T. (1999) Cross-validation of three jump power equations. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 31, No. 4, pp. 572-577.
- Singh, V. & Karpovich, P. (1966) Isotonic and isometric forces of forearm flexors and extensors. *J. Appl. Physiol.* 21, 1435-1437.
- Van Praagh, E. & Franca, N. M. (1998) Measuring Maximal Short-Term Power Output During Growth. IN: Van Praagh, E. (Ed) *Pediatric Anaerobic Performance*, pp. 155-189. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Verstegen, M. & Marcello, B. (2001) Agility and Coordination. In: Bill Foran (Ed.) *High-Performance Sports Conditioning*, pp.139-165. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (1994) *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Winckler, G. (1991) An examination of speed endurance. *New Studies in Athletics*, 6:1, 27-33.
- Young, W. () A comparison of two power development methods. *Track Technique*.

AVERTISSEMENT : ce recueil et son contenu sont protégés par le CODE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE

(Extrait du Code de la Propriété Intellectuelle)

Article L122-4

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un art ou un procédé quelconque.