



**Centre
d'Expertise
de la Performance
Gilles Cometti**



**Centre d'Expertise de la Performance G. COMETTI
Diplôme Universitaire de Préparation physique**

**Développement de la vitesse maximale aérobie chez les jeunes footballeurs (U13 U15) :
mise en place de modules d'entraînement pour une amélioration de la performance**

Babet Serge

DUPP Session Juin 2013

Sommaire

- Choix du thème 3
- Analyse de l'activité 4
- Présentation du protocole et évaluation du groupe 8
- Les séances et le planning proposé 12
- Les moyens de contrôle et les résultats 23
- Conclusion 32
- Bibliographie 34
- Annexe : Méthode RPE 35

Choix du thème

Suite aux analyses effectuées pendant les compétitions, nous avons noté les manques suivants :

- Incapacité des joueurs à répéter des efforts brefs.
- Manque de compétitivité en fin de rencontre.
- Technique aléatoire des joueurs au fil de la rencontre.
- Fatigue des joueurs en fin de match.
- Reprise difficile au début de la seconde mi-temps.
- Récupération difficile pour enchaîner matches et entraînements.

Nous partons sur l'hypothèse que de développer les qualités aérobies des joueurs en l'associant avec un travail spécifique football permettra de réduire nos manques pendant les matches. Notre travail va donc de développer des séances à dominante VMA et des séances spécifiques où l'aspect football sera plus présent.

Analyse de l'activité football

Introduction

Le football est une activité où deux équipes de onze joueurs s'opposent et jouent sans les bras pour mettre un ballon dans un cadre gardé par un gardien qui est le seul à jouer avec les mains. Codifié par les anglais, la Fédération internationale Football Association est garant des règles et organise tous les 4 ans la Coupe du Monde, anciennement Coupe Jules Rimet.

Ce sport universel mobilise 264 millions de joueurs et, du fait de sa popularité, attire des convoitises économiques et politiques de nombreux pays.

- Analyse de la performance en match

Le facteur de performance en football repose sur les qualités individuelles de chaque joueur qui la compose. Ces qualités sont des capacités athlétiques (Taille, Vitesse, Force, Puissance), techniques (Dribble, Frappe, Passe), d'intelligence (Discipline, Analyse, Stratégie...) et mentales (Confiance, Courage, Détermination...). Toutes ces qualités au service de l'équipe permettent d'obtenir un certain niveau de compétitivité.

Dans notre analyse, nous allons nous pencher sur les qualités athlétiques et en particulier étudier les modes de déplacement des joueurs pendant une rencontre. Pour cela nous allons débattre sur les statistiques de différents tableaux, issues de systèmes d'analyse de mouvements à caméras multiples et en particulier du système Amisco qui est un système de repérage semi-automatique avec six caméras (trois de chaque côté) utilisé par la LNF pour les clubs professionnels.

- Statistique d'un match

Ces infos sont extraites de Burgess(2006) : distance totale en mètres parcourue à différentes intensités de course selon le poste occupé.

Poste	Marche	Faible Intensité	Moyenne Intensité	Haute Intensité	Sprint	Total
Défenseur	3200	3500	1500	600	300	9100
Milieu	3500	4300	2100	800	400	11100
Attaquant	3500	3700	1900	800	500	10400

Ces chiffres bruts permettent de conclure que

- 1/3 des déplacements se font en marchant.
- Moins de 5% des déplacements s'effectuent en sprint.
- Plus de 60% des déplacements se font à un pourcentage de 60 à 100% de VMA.
- Les attaquants sont les joueurs les plus explosifs.
- Les Milieux sont les joueurs qui parcourent le plus de terrain.

En termes de temps de jeu effectif, nous avons l'évolution suivante (évolution du temps de jeu effectif durant les compétitions internationales (Jacquet 2002)):

1990	1994	1998	1998 *	2000
54,58	61,05	62,38	64,48	68,00

*2eme tour

On remarque que de 1990 à 2000, nous gagnons 13 minutes de temps de jeu.

En termes d'activité d'un joueur lors d'une rencontre, nous avons le tableau suivant : (études effectuées pas Mohr ,Bangsbo)

Marche	Jogging	Course à intensité moyenne	Course à Haute Intensité	Sprint	Course arrière
32%	29%	18%	11%	5%	5%

- 1/3 du temps de l'activité du footballeur est consacré à la récupération (30 minutes).
- 58% du travail est effectué en VMA faible, moyenne et forte intensité.
- Les sprints représentent un travail fractionné de vitesse de 5 minutes à plus de 25km/h.
- A noter l'importance des courses arrières, utilisées dans le travail de remplacement.

En termes de conduite de balle, Rampini(2007) a étudié la distance parcourue avec le ballon à différentes intensités :

Variabes	1 ^{er} Mi-temps	2eme Mi-temps
Distance totale avec le ballon	250m	237m
Distance parcourue à haute intensité avec le ballon	142m	130m
Distance parcourue à très haute intensité avec le ballon	60m	55m

Si l'on fait un ratio distance totale avec ballon/distance parcourue (Burgess 2006), nous obtenons les chiffres suivants :

Distance totale avec le ballon	Distance parcourue à haute intensité avec le ballon	Distance parcourue à très haute intensité avec le ballon	
4,68%	34%	23%	Attaquants

Ces chiffres sont intéressants car ils démontrent l'habilité des joueurs dans la conduite de balle à des vitesses VMA à plus de 20km/h. Nous touchons ici la particularité du footballeur car loin d'être un coureur à pied, il maîtrise sa vitesse spécifique dans sa conduite de balle malgré toutes les oppositions rencontrées.

- Analyse de l'activité physique du joueur

Cette analyse succincte tend à démontrer l'importance du travail aérobic dans le jeu. En effet, même si les études tendent à démontrer l'augmentation des activités intenses de courte durée, le joueur doit, pour pouvoir répondre à ce type d'effort violent, posséder la «caisse» pour mieux mobiliser ses qualités physiques. Ses qualités de récupération lui permettra de solliciter son potentiel tant dans le secteur défensif qu'offensif.

Il ne faut pas non plus résumer l'activité physique football qu'à un enchaînement de course car interviennent des jumps, l'agilité de déplacements, des changements de direction, du travail de force dans les frappes et les touches, des vitesses de réaction à différents signaux, de la vitesse gestuelle, des tacles et des passes.

Aussi en conclusion, nous avons relevé que la part du métabolisme aérobie est extrêmement importante dans le déroulement du match pour accomplir des interventions à des vitesses proches de la VMA et pour la récupération du compétiteur. Du fait de l'allongement du temps de jeu effectif, nous devons travailler pour augmenter cette capacité et améliorer cette qualité.

Présentation du protocole et évaluation.

Le protocole concerne un groupe de 15 joueurs U13 jouant à Fontenay Tresigny Football. Ce groupe de joueurs ne participe pas à un championnat à proprement parlé mais rencontre d'autres équipes dans un challenge géré par le District 77 nord. Les joueurs s'entraînent deux fois par semaine le Mercredi soir et le Vendredi soir à 18h30 et les compétitions se déroulent le samedi après-midi.

Caractéristiques du groupe (Moyenne) : Age = 12,2 ans Taille = 1,52m Poids = 44 kg.

Afin de déterminer le volume de travail de chaque joueur, nous allons effectuer deux tests :

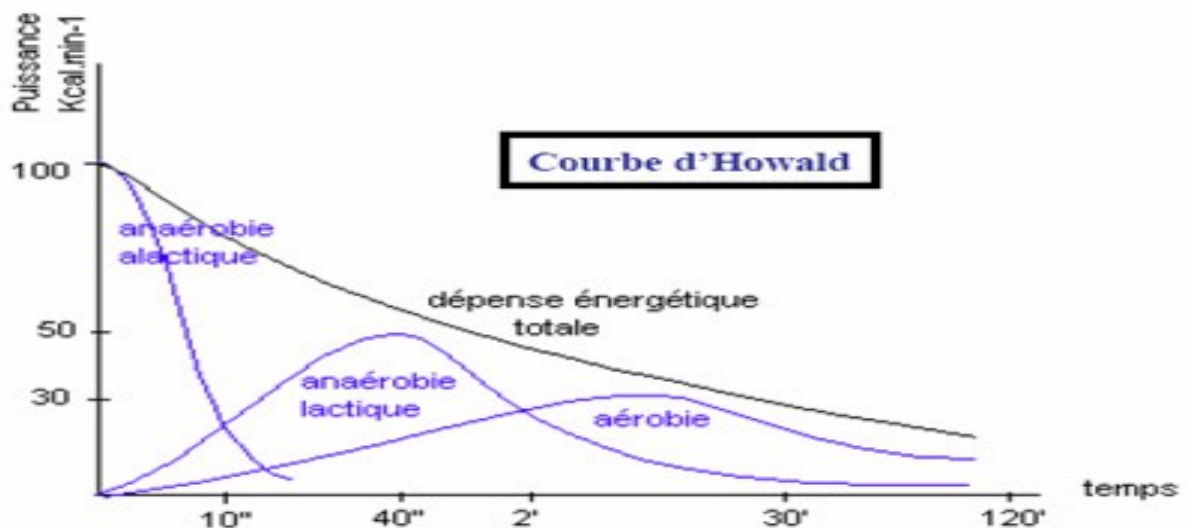
- un test de VMA intermittent : 45/15 Gacon
- un test de VMA continu : le ½ Cooper.

Présentation du processus aérobie/anaérobie

La contraction musculaire est permise grâce à la molécule d'Adénosine Tri Phosphate (ATP), cette molécule n'existant qu'en très petite quantité dans notre organisme.

Aussi, pour assurer cette production, trois métabolismes se mettent en œuvre pour assurer l'approvisionnement en ATP :

- Le processus anaérobie alactique,
- Le processus anaérobie lactique,
- Le processus aérobie.



La courbe d'Howard permet de schématiser la mise en œuvre des différents processus.

Toutes les filières sont sollicitées à des degrés différents lors de l'effort musculaire et il faut distinguer :

- la filière anaérobie alactique : très puissant, mise en œuvre instantanée mais d'une capacité faible (environ 12s) énergie : Créatine phosphate
- la filière anaérobie lactique, puissance moyenne, avec une mise en œuvre maximale selon les sportifs de 30 à 45s, mais une filière qui s'épuise au bout de 2 minutes. Énergie : glycogène. Ces valeurs varient selon la forme du sportif. Cette filière crée des déchets (lactates) qui, s'ils ne sont pas éliminés, empêchent le fonctionnement normal du muscle. (Glycolyse anaérobie)
- La filière aérobie, qui possède des réserves théoriques inépuisables (glucide et lipide), dont la mise en œuvre maximale nécessite, selon les sportifs, de 2 à 4 minutes mais d'une puissance faible. Oxydation des glucides et des lipides.

En résumé, nous pouvons établir le tableau suivant :

	Anaérobie Alactique	Anaérobie Lactique	Aérobie
Substrat	CP (Créatine Phosphate)	Glucose	Glucides, Lipides
Délai de mise en œuvre	Immédiat	Une quinzaine de secondes	De 2 à 4 minutes
Puissance	Maximum (100%)	Élevée (50%)	Puissance Maximale Aérobie, Vitesse maximale aérobie
Capacité	Une dizaine de secondes	45s à 2mns	En théorie illimité

A noter la présence d'une réserve d'oxygène, la myoglobine, au niveau local permettant un effet Turbo de la filière aérobie, cette réserve d'O₂ étant évaluée à une trentaine de secondes.

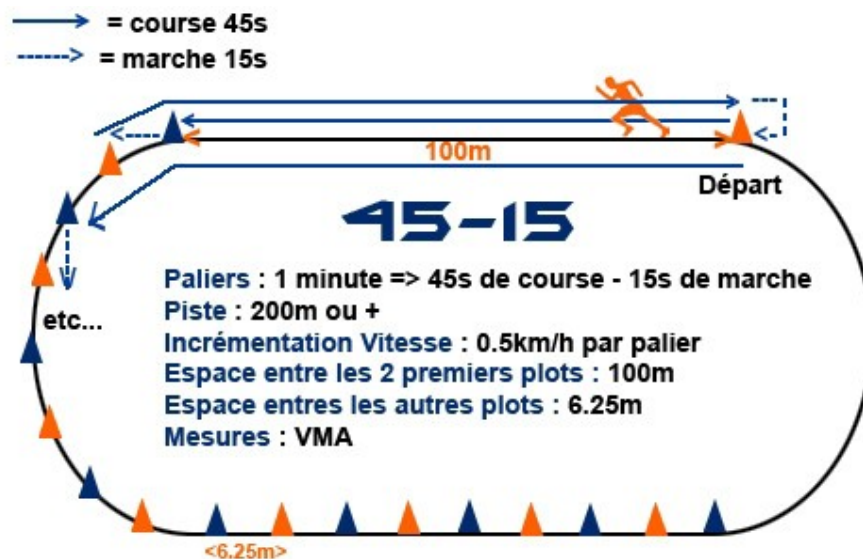
Présentation des tests 45/15 et ½ Cooper pour le calcul de la VMA et résultats

La vitesse maximale aérobie ou VMA, est la vitesse de course où une personne consomme le maximum d'oxygène. Cette vitesse permet de juger de la qualité du métabolisme aérobie.

Aussi, pour déterminer la qualité de chaque athlète, nous allons procéder à deux tests :

- Un test permettant de déterminer une VMA intermittente : le protocole 45/15
- Un test de VMA continue, où l'athlète va produire un effort pendant un laps de temps donné. (½ Cooper)

Présentation du 45/15



Ce test se réalise sur un terrain plat et se compose d'une phase d'effort de 45 secondes et de 15 secondes de récupération. A chaque récupération, on incrémente de 6,25m (0,5km/h) la distance à parcourir. L'athlète doit donc parcourir la distance la plus grande possible en 45s et la vitesse du dernier palier atteint détermine la vitesse du joueur.

La vitesse fournie permet un calcul des intensités des entraînements de type intermittent.

Cette vitesse est 10 à 15% supérieure à celle obtenue en VMA continu.

A noter que c'est le seul test permettant de fixer une VMA intermittente.

Présentation du ½ Cooper : un effort de 6 minutes au lieu des 12 minutes .



Idéalement, ce test consiste à faire effectuer par l'athlète la plus grande distance possible pendant une durée de 6 minutes. Pour des raisons pratiques, j'ai imposé à mes jeunes joueurs une course de 1200m (3 tours à effectuer sur une piste d'athlétisme) et ai relevé les temps réalisés.

Voici les résultats obtenus ...

Palier	Vitesse	Distance
1	10	125
2	10,5	131,25
3	11	137,5
4	11,5	143,75
5	12	150
6	12,5	156,25
7	13	162,5
8	13,5	168,75
9	14	175
10	14,5	181,25
11	15	187,5
12	15,5	193,75
13	16	200
14	16,5	206,25

Joueur U12/U13		Palier atteint	VMA int	1200m	VMA cont	Delta
COUDERC	Théo	12	15,5	5,41	12,67	18,27%
MATUMONA	Ange	10	14,5	6,34	10,96	24,38%
ROSA	Lucas	12	15,5	5,45	12,52	19,21%
MONTAUBAN	Kevin	12	15,5	6,24	11,25	27,42%
BITOUN	Yohann	8	13,5	6,04	11,87	12,09%
LEFEVRE	Pierre	12	15,5	6,03	11,90	23,22%
LEONE	Matteo	8	13,5	6,34	10,96	18,78%
LOURENCO ALVES	Mathieu	12	15,5	5,39	12,74	17,78%
MARTINET	Maxime	8	13,5	6,3	11,08	17,95%
MIGOT	Camille	8	13,5	6,47	10,61	21,38%
PADILLA	Julien	12	15,5	6,07	11,77	24,06%
Makema	Benjamin	2	10,5	10	7,20	31,43%

Le delta correspond au ratio VMA continu / VMA intermittente.

Il est à noter que la VMA intermittente est d'environ de 10 à 20% supérieur à la VMA continue.

Les séances et le planning proposé.

A la suite des tests effectués (45/15 et ½ Cooper), le groupe a effectué pendant 12 semaines et une fois par semaine des séances où un atelier aérobic était installé. Cet atelier était planifié tous les mercredi soir.

Le test de contrôle VMA aurait pu être complété par un relevé de la fréquence cardiaque des athlètes (FC cardiaque de repos, FC maximale) et ainsi déterminer les FC de réserve lors des différents exercices VMA. Par manque de moyens, ces relevés n'ont pas pu être effectué. Malgré tout, nous proposerons une étude complémentaire sur ce sujet.

Déroulement de la séance du mercredi :

- Un échauffement d'une dizaine de minutes : jeu ou prise en charge par l'éducateur.
- L'atelier VMA (entre 8 et 12 min)
- Une phase de repos : une dizaine de minutes de récupération passive.
- La seconde séquence VMA (entre 8 et 12mn).
- Une seconde phase de repos
- Un travail technique devant le but (travail individuelle)
- Une opposition (récompense)

Suite à cet entraînement, il aurait été utile de questionner les joueurs sur la difficulté du protocole aérobic subi. Ce suivi a été développé par Foster à l'aide d'une échelle permettant de classer leur perception à l'intensité d'un effort : échelle RPE.

Rating of Perceived Exertion Scale

Rating	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exertion	No exertion at all	Extremely low	Very low	Relatively low	Low	Moderate	High	Relatively high	Very high	Extremely high	Maximal exertion
	Warm-up stage			Training stage				Critical stage			

According to the 'Rating of Perceived Exertion Scale', intensity of exercise should be maintained within the range of Rating 4 to 7. If you have doubts about your health condition, you may consult your doctor before doing exercise.



Cette méthode de quantification qui permet d'estimer les charges d'entraînements (CE) est utile pour l'entraîneur pour planifier les entraînements durant la saison. (voir Annexe)

Le travail sans ballon

Pour améliorer la puissance maximale aérobie, il existe deux moyens : soit un travail continu, soit un travail intermittent. Nous avons privilégié le travail intermittent car il permet un travail de meilleure qualité. Physiologiquement, ce type de travail est à préférer à un travail continu car il permet d'augmenter l'intensité de l'effort par rapport à un travail continu, pas de dette d'oxygène car l'on favorise la consommation stockée dans les cellules, une moindre fatigue due à des séances moins longues, un volume de travail plus important qu'en continu et à une moindre montée du taux d'acide lactique. Ce travail permet aussi d'axer nos séances sur 2 objectifs : la résistance musculaire locale à la fatigue et les facteurs cardiovasculaires.

La mise en place de ce type de travail exige 6 principes :

- Le contenu des séquences : favoriser un travail cardio (course) ou un travail musculaire (bondissement, squat, force). Le mixe étant possible, il faut, malgré tout, définir les axes de travail.
- Type d'intermittent 5/15,15/15,30/30
- La durée d'un effort de 7 à 12 minutes
- La durée de récupération entre les efforts.
- L'intensité des efforts et de récupération. Pour les courses, un pourcentage de VMA.

- Le nombre d'efforts

Quelques exemples de travail type :

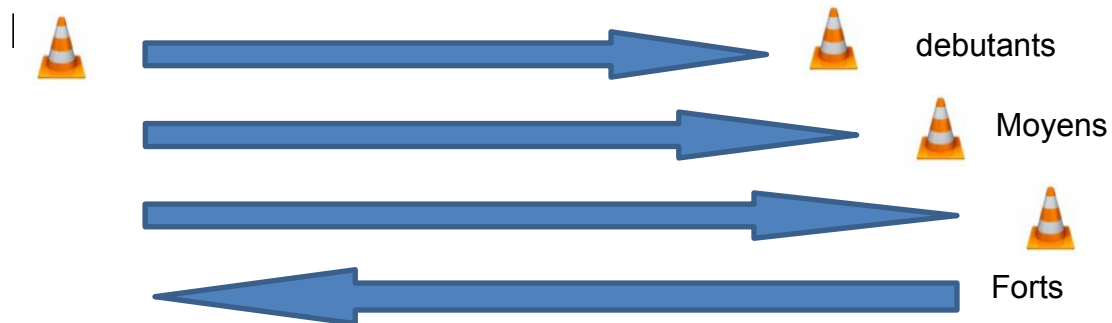
Le 30/30

Le 30/30 est une séance de VMA intermittente qui consiste à courir 30 secondes une distance calculée en fonction de la VMA intermittente du test 45/15 et de récupérer pendant 30 secondes. L'objectif de ce type de séance est de travailler à une allure VMA intermittente supérieur à la VMA continue.

Durée d'un effort	Nombre d'efforts	Intensité	Type de récupération et durée
Entre 8 et 12 min	2 à 3	De 90 à 120% VMA intermittent	Passive : 10min

30 sec course / 30 sec de recuperation

Départ



Le 5/15 : intermittent sprint

Le 5/15 est une séance de VMA intermittente qui consiste à courir 5 secondes une distance calculée en fonction de la VMA intermittente du test 45/15 et de récupérer pendant 15 secondes. Ce type de travail est intéressant car, attendu que le temps de travail est extrêmement court, l'accélération est importante et on arrive à des vitesses proches à celle du sprint. Attention donc à bien calculer la VMA adéquate. A noter, une dégradation des performances apparaît liée à des fatigues neuromusculaires.

Durée d'un effort	Nombre d'efforts	Intensité	Type de récupération et durée
Entre 8 et 10 min	2 à 3	>= VMA intermittent	Passive : 10min

Le 15/15 option bondissement

Le travail demandé est d'alterner un travail de course à un pourcentage de VMA et un travail de bondissements.

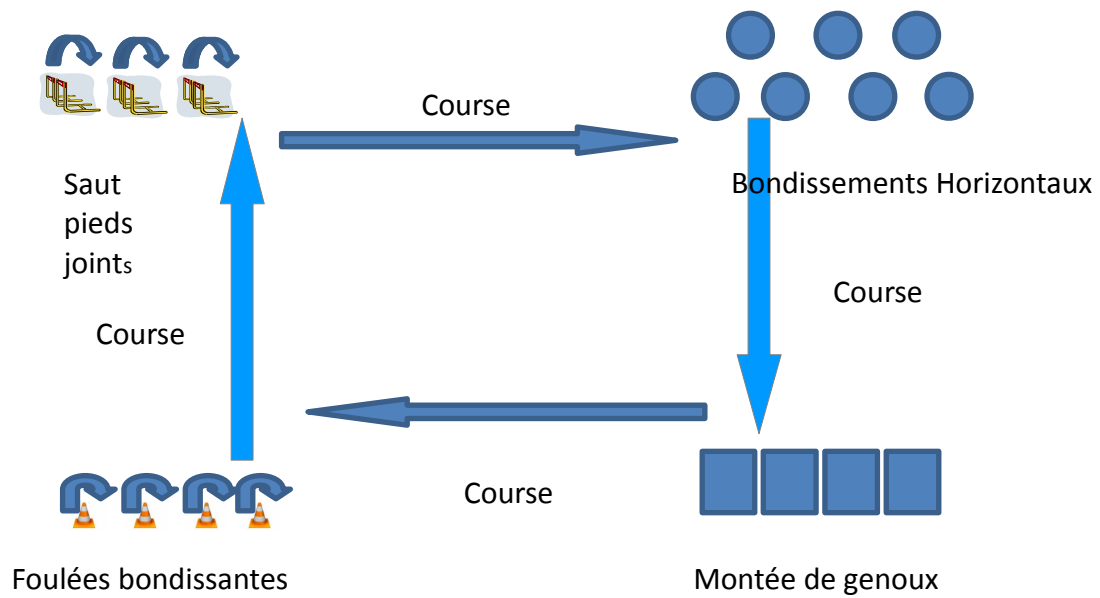
Présentation du travail à effectuer :

- Course
- Bondissements horizontaux.
- Course
- Saut de haies
- Course
- Pliométrie sur banc.
- Course
- Travail skipping sur haies basses

Entre chaque travail on assure une plage de récupération.

Dans ce type de séance, on va donc alterner un travail de course qui sollicitera le système cardiovasculaire et un travail de bondissement qui sollicitera la fatigue locale des muscles.

Durée d'un effort	Nombre d'efforts	Intensité	Type de récupération et durée
Entre 8 et 12 min	2 à 3	= à VMA intermittent	Passive : 10min

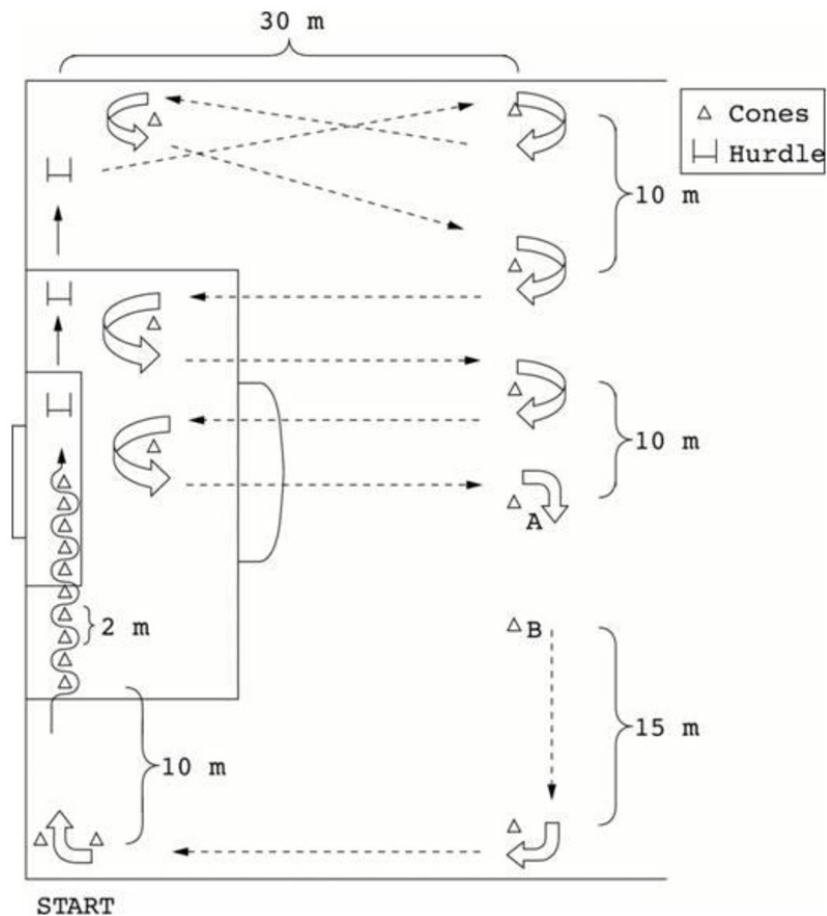


Les exercices physiques intégrés.

Nous allons intégrer ce travail aérobic dans l'activité football. Plusieurs possibilités s'offrent à nous. Soit un travail individuel avec une dominante conduite de balle (Hoff test), soit un travail collectif où jeu à thème et jeu réduit seront l'option choisie.

Travail individuel.

Le Hoff test



L'idée de ce test est d'intégrer un travail aérobic dans l'activité football. Ce test impose au joueur de parcourir en conduite de balle la plus grande distance possible pendant 10 minutes. Ce test, polué par des contraintes techniques footballistiques, permet de juger globalement des aptitudes aérobies du footballeurs.

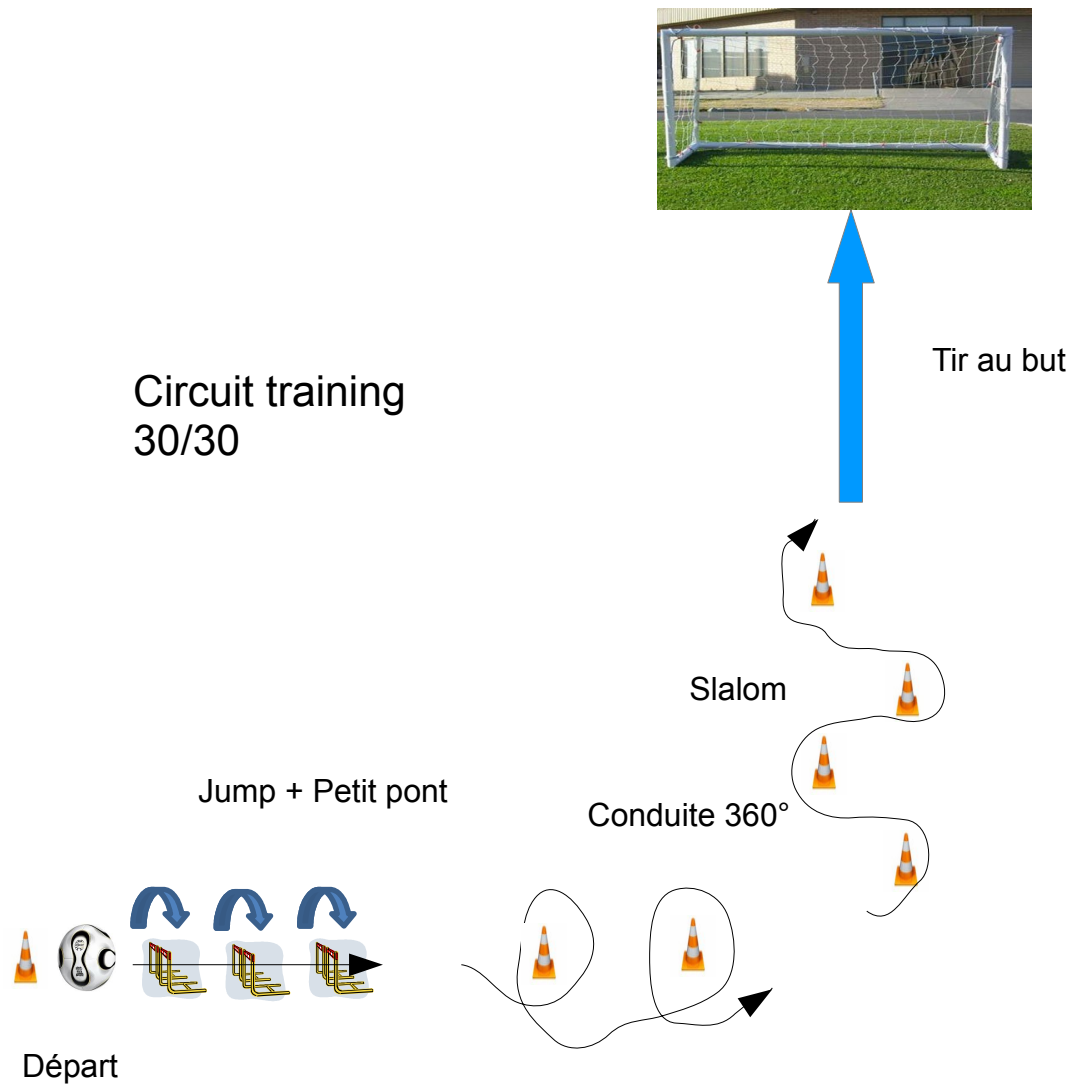
Le parcours proposé commence par un slalom entre des coupelles, puis des jumps au dessus des haies alors que le ballon passe en dessous, une serie de conduite de balle plot à plot, une course arrière avec ballon (à partir du point B et sur 15m) et finir la boucle en conduite rapide

Amélioration de la VMA chez les jeunes footballeurs 13/15 ans **Page 17**

pour un nouveau départ. La présence de ballons et la concurrence entre les joueurs pour accomplir un maximum de tours en un temps donné motivent les joueurs à se surpasser.

Ce type d'exercice peut se décliner en proposant de nombreuses évolutions dans la conduite de balle et en modifiant les objectifs finaux : duels, frappe au but, passe à un partenaire....

Ex : circuit training 30/30



Travail collectifs.

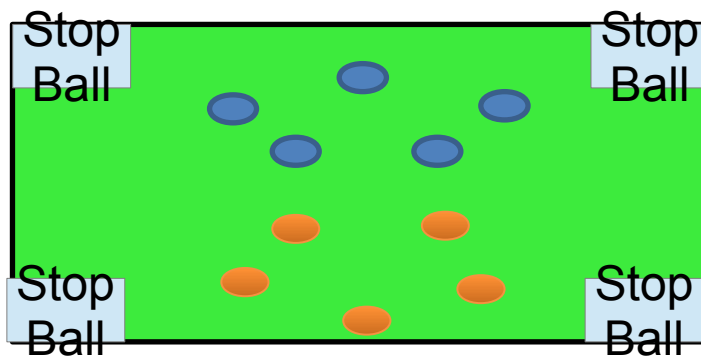
Les études de Balson ont démontré qu'un jeu réduit permettait d'approcher la fréquence cardiaque d'une course sans ballon. Durant ces différents jeux, on approchait les 85% de la fréquence cardiaque maximale.

Notre travail va donc de proposer des jeux réduits avec des thèmes variés. Tous les paramètres de ces exercices sont évolutifs : ils sont bien entendu fonction du nombre de joueurs et des surfaces disponibles. Les exemples proposés sont donc modifiables.

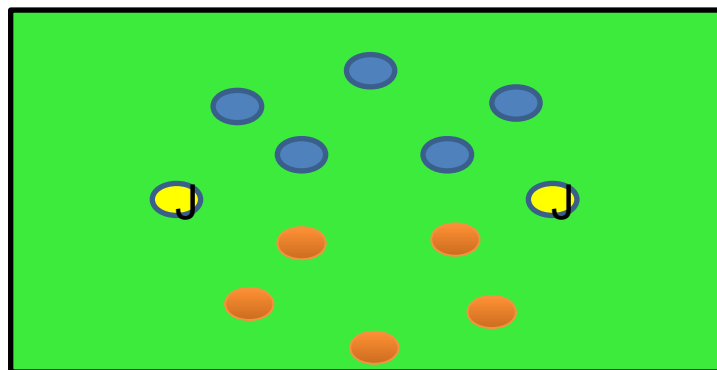
De plus, on pourra modifier l'opposition (supériorité numérique) ou donner une obligation technique (jeu à 2, 3 touches de balle par exemple).

Les exercices proposés :

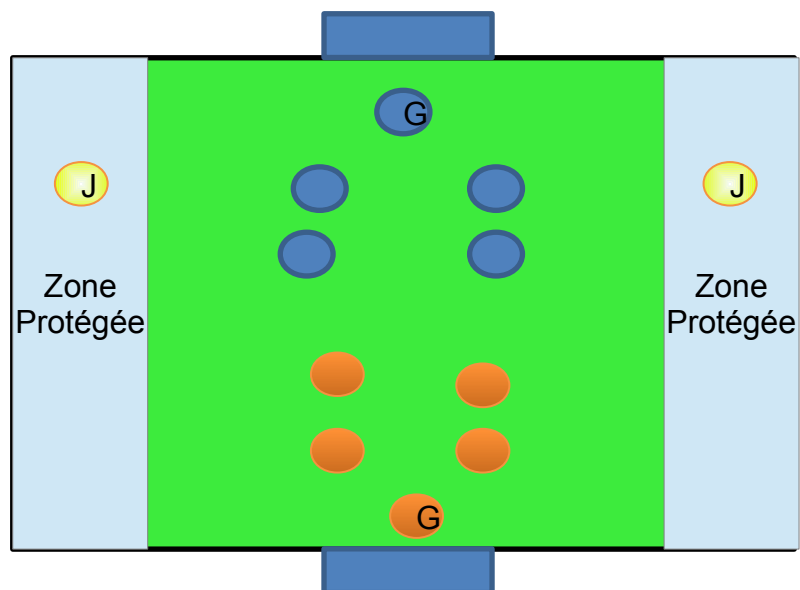
- Stop ball où l'objectif sera pour le joueur de stopper le ballon dans la zone de l'équipe adverse



- La conservation du ballon (jeu de la passe à 10) où l'équipe fait circuler le ballon sans que l'équipe adverse puisse le prendre. (Possibilité de joker pour la supériorité numérique).



- Le match (4x4, Banide), avec ou sans gardien, l'objectif étant de marquer un but.



Jeu Banide

A titre informatif, on peut établir une correspondance nombre de joueurs / surface de jeu (référence à un terrain de football 120m/90m).

Opposition	8x8	4x4	2x2	1x1
Surface de Jeu	½ terrain	¼ terrain	1/8 terrain	1/16 terrain

Tous ces exercices peuvent être décliné avec des variantes sur l'intensité, le temps de travail ou sur le nombre d'efforts ou séries. L'éducateur pourra choisir une option intensité ou une option volume.

Planning proposé.

Nous proposons 12 séances pour environ 14 joueurs où nous alternerons un travail spécifique et un travail intermittent. Ce travail débutera début février pour se terminer mi-mai par le test de Brue qui devra valider le travail effectué.

Dans ces séances, la récupération sera passive et égale à 10mins. 2 séries de l'exercice VMA sera appliqué à chaque séance.

Nos de Séance	Exercice VMA proposé	Objectif
Séance 1	Exercice intermittent 30/30 ,8 mins, intensité : 100% de VMA	Validation de nos tests 45/15
Séance 2	Intermittent 15/15 option bondissement Temps de travail 10 min, 100% VMA	Intermittent force : privilégie le travail musculaire.
Séance 3	Banide avec gardien : 4x4 avec soutien dans les couloirs. 12 minutes , 3equipes. 2 équipes se rencontrent, 1 équipe sur les cotés jouant le rôle de joker	Privilégie le Jeu : plus dans une forme VMA continue.
Séance 4	Exercice intermittent 5/15 Temps de travail 8 minutes , 100% VMA	Attention à la fatigue nerveuse à la fin de chaque séance.
Séance 5	Circuit training 30/30 Temps de travail 10 min	Mettre la pression sur les joueurs pour obtenir une qualité d'exécution
Séance 6	Exercice intermittent 30/30 ,10 mins, intensité : 100% de VMA	Augmentation du temps de la série et maintien de la qualité.
Séance 7	Hoff test : temps de travail 10 mins	Mettre en compétition les joueurs (nombre de tours)
Séance 8	Jeu réduit 1X1 avec joker sur les cotés. 60/60 sur 12 minutes.	Pour obtenir une certaine qualité, prévoir de nombreux ballons pour ne pas interrompre le jeu.
Séance 9	Exercice intermittent 30/30 ,12 mins, intensité : 100% de VMA	Augmentation du temps de la série et maintien de la qualité.

Séance 10	Exercice intermittent 30/30, 12 mins, intensité : 110% de VMA	Diminution du temps de la série et augmentation de l'intensité.
Séance 11	Hoff test : temps de travail 10 min	Mettre en compétition les joueurs (nombre de tours), vérifier une progression.
Séance 12	Test 45/15	Bilan de notre action.

Les moyens de contrôle et les résultats

Contrôle effectué par test 45/15: amélioration de la VMA.

Le test proposé est de comparer les résultats du 45/15 du début du protocole et celui effectué à la fin du protocole.

	Joueur U12/U13	Palier initial	VMA int	Palier final	VMA int final	Gain kilométrique	Gain en %
COUDERC	Théo	12	15,5	14	16,5	1	6,06%
MATUMONA	Ange	10	14,5	11	15	0,5	3,33%
ROSA	Lucas	12	15,5	13	16	0,5	3,13%
MONTAUBAN	Kevin	12	15,5	13	16	0,5	3,13%
BITOUN	Yohann	8	13,5	11	15	1,5	10,00%
LEFEVRE	Pierre	12	15,5	13	16	0,5	3,13%
LEONE	Matteo	8	13,5	11	15	1,5	10,00%
LOURENCO ALVES	Mathieu	12	15,5	13	16	0,5	3,13%
MARTINET	Maxime	8	13,5	12	15,5	2	12,90%
MIGOT	Camille	8	13,5	11	15	1,5	10,00%
PADILLA	Julien	12	15,5	13	16	0,5	3,13%
Makema	Benjamin	2	10,5	5	12	1,5	12,50%

Gain Moyen	En VMA	en Pourcentage
	1	6,70%

En conclusion, nous avons gagné en moyenne 1km/h en VMA intermittente, soit en pourcentage 6,7% d'amélioration par rapport au test initial. Il est aussi à noter que les gains sont plus importants pour les sportifs dont la VMA initiale était faible.

Contrôle de la fréquence cardiaque. (Hypothèse)

L'objectif est d'effectuer un relevé de la fréquence cardiaque au début et fin du protocole. Pour cela, nous allons utiliser le test de Brue.

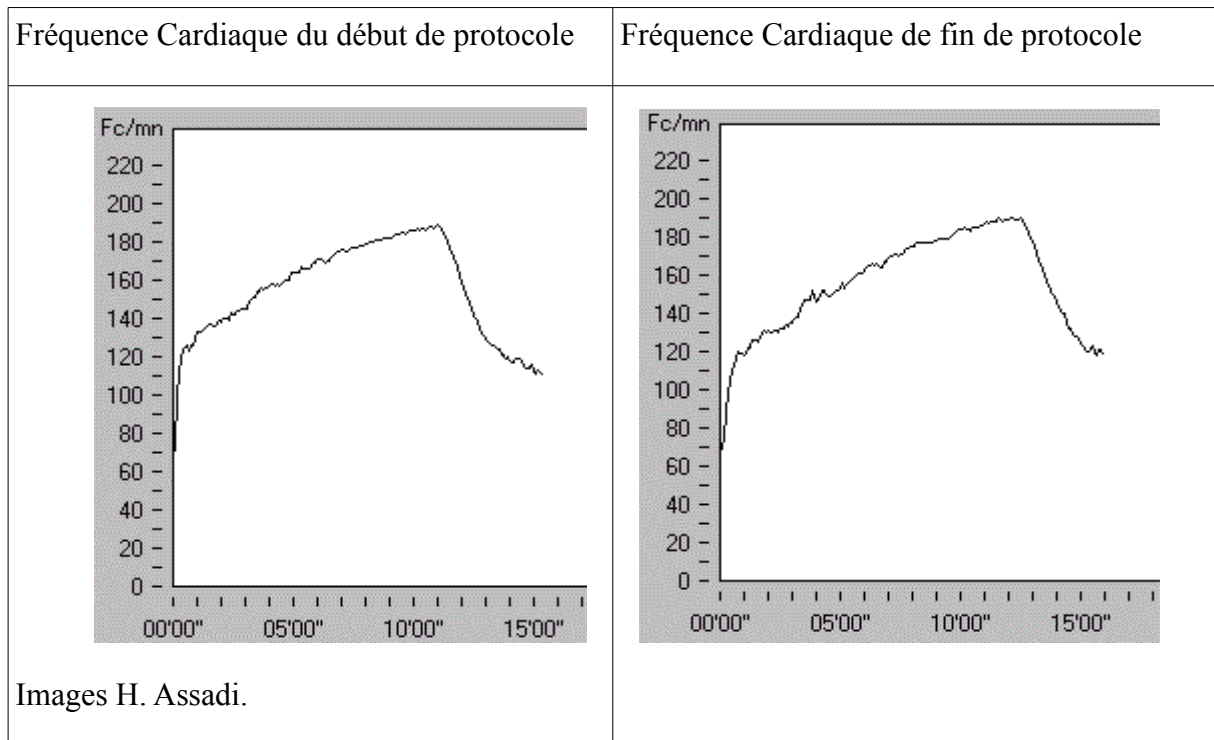
Avant le début du test, il est nécessaire de connaître :

- la fréquence cardiaque au repos. Cette fréquence cardiaque est extrêmement basse chez les sportifs de haut niveau (au environ de 40 p/mn) et peut être un indicateur de la performance. Malgré tout, extrapoler de futurs résultats sur ce paramètre ne semble pas opportun.
- la fréquence cardiaque maximale. Cette fréquence est calculée par la formule d'Astrand : $FC_{max} = 220 - \text{l'âge du sujet}$. Si cette valeur peut être suffisante chez un sportif occasionnel, elle doit être confirmée par l'utilisation de cardio fréquence mètre chez le sportif amateur et professionnel.
- La fréquence cardiaque à l'effort. Elle permet de donner un indicateur de la charge : effort aérobie sub-maximal à maximal. Elle donne une idée de la valeur et de l'implication du sportif pendant la séance.
- La fréquence cardiaque au cours de la récupération. Cet indicateur permet de connaître la faculté du sportif à revenir à une fréquence cardiaque normale après une charge de travail plus ou moins importante.

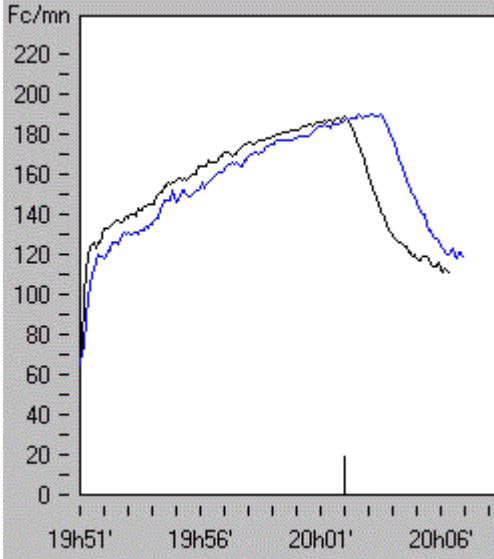


Une piste et un cycliste sont nécessaires. Les athlètes courent derrière le cycliste qui, toutes les 30s, augmente sa fréquence de pédalage (incrémentation de 0,3km/h déterminée par une bande sonore)

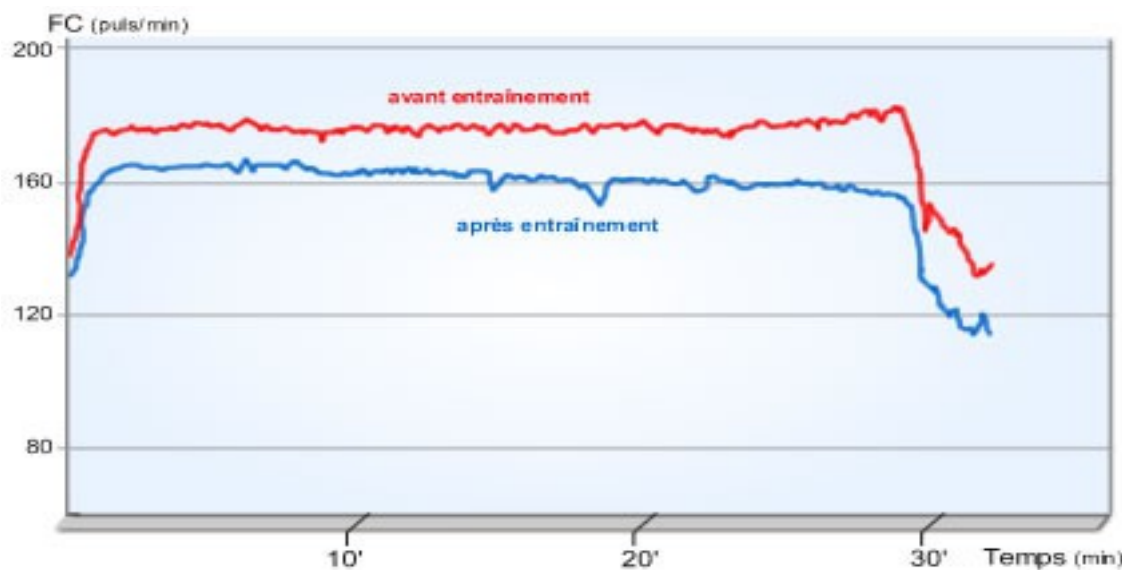
Les sportifs courent derrière le lièvre cycliste jusqu'à l'impossibilité de le suivre. La vitesse atteinte détermine la VMA du sportif.



La superposition des deux courbes, pour ce même effort, va faciliter cette analyse....

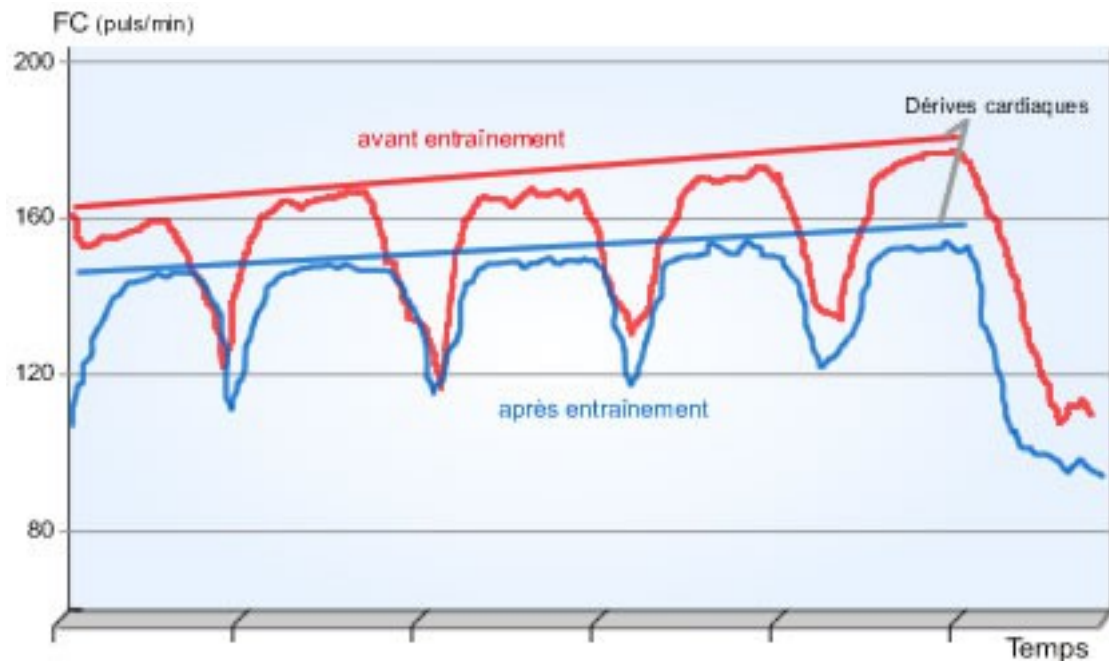
Comparaison des deux courbes....	Observation
 <p data-bbox="196 936 405 969">Image H.Assadi</p>	<p data-bbox="809 344 1386 707">- La courbe bleue (de fin de protocole) se maintient plus longtemps dans le temps. Rapporté au test de Brue, cela veut dire que notre athlète a réussi à suivre notre cycliste plus longtemps et donc nous pouvons conclure que notre athlète a augmenté sa VMA.</p> <p data-bbox="809 757 1386 1066">- La courbe bleu se situe en dessous de la courbe rouge pendant 10 minutes. Cela veut dire que notre sportif sollicite moins son système cardiovasculaire. Cette économie de battements est à mettre au bilan positif de notre expérimentation.</p>

Une autre expérimentation aurait pu être faite : nous définissons avec le sportif d'un temps de travail et d'une vitesse de course. Puis nous enregistrons sa fréquence cardiaque pendant ce test avant les séances VMA et après les entraînements VMA.



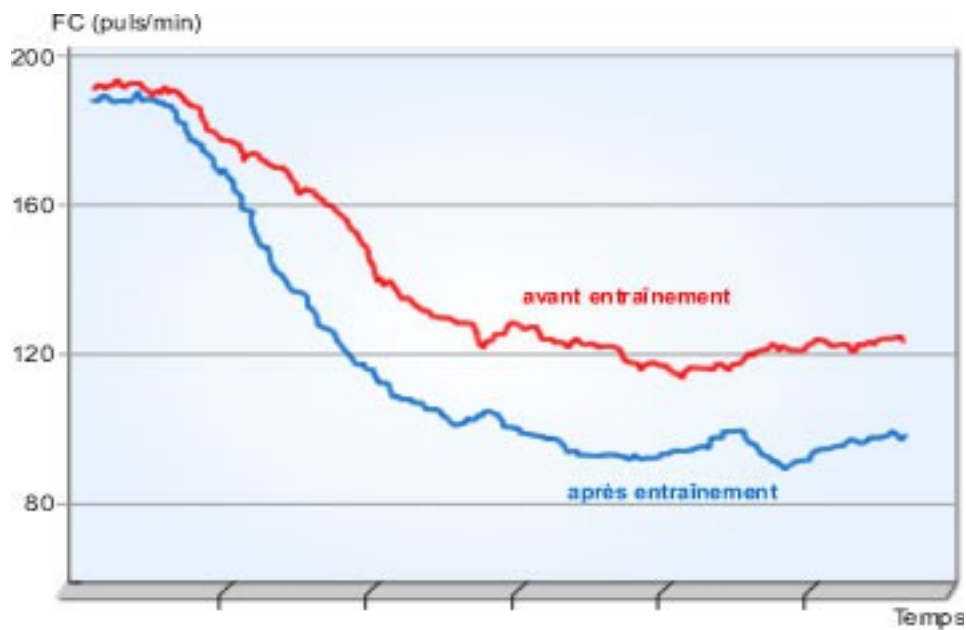
L'analyse de ce graphique démontre qu'à intensité égale et sur une même base de temps, on enregistre une baisse des fréquences cardiaques et valide donc l'efficacité d'un travail intermittent.

Analyse de la FC dans un travail type 15/15



Sur un travail intermittent, on distingue une dérive pulsative chez l'athlète en début du protocole, phénomène qui s'atténue chez l'athlète entraîné. On remarque encore qu'à même intensité de travail, la fréquence cardiaque est plus importante chez le débutant que chez le sportif entraîné.

Analyse de la FC lors de la récupération

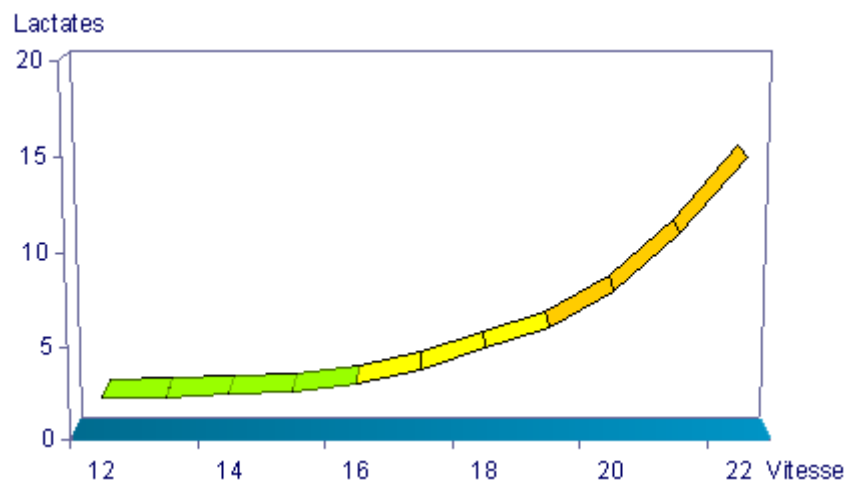


Il est à noter que la récupération, après l'effort, est plus efficace chez l'athlète entraîné, et on note un gain d'une vingtaine de pulsations cardiaques. (Images capturées sur Volodalen.com)

Lactatémie. (hypothèse)

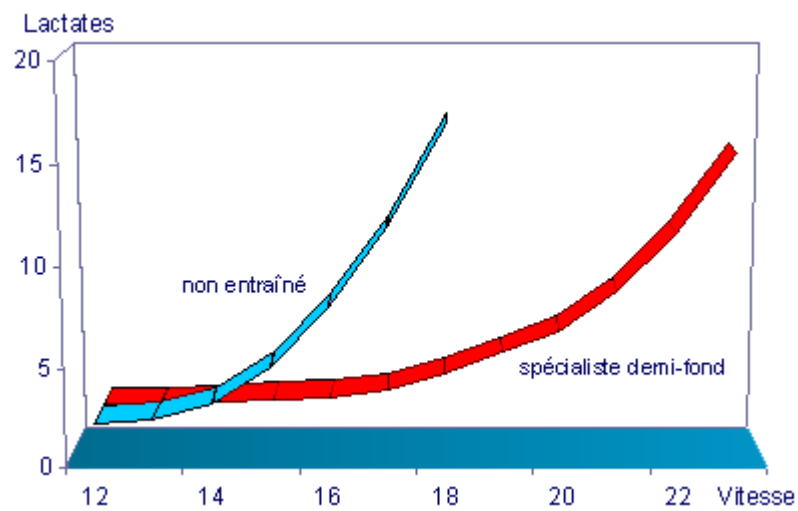
La Lactatémie est la concentration sanguine en acide lactique (exprimée en mmol de lactate). Cet acide lactique est la résultante de la filière anaérobie lactique et son recyclage est organisé par le métabolisme aérobie.

Au cours d'un exercice VMA, type test de Brue, l'intensité progresse régulièrement et, réciproquement, nous enregistrons une augmentation de lactates dans le sang.



L'analyse de la courbe, au début de l'exercice, montre un taux de lactate stable à une vitesse inférieure à 18km/h. Ce taux de lactate croît régulièrement à partir de 18km/h, du à la participation de la filière anaérobie lactique (moteur d'appoint) en complément à la filière aérobie.(moteur principal).

Dans notre cas, si nous avons relevé le taux de lactates du test de Brue au début du protocole et en fin de protocole, nous aurions obtenu les courbes suivantes :



En étudiant ces courbes, nous remarquons une augmentation de la VMA chez l'athlète entraîné et un déclenchement du lactate dans le sang plus tardif.

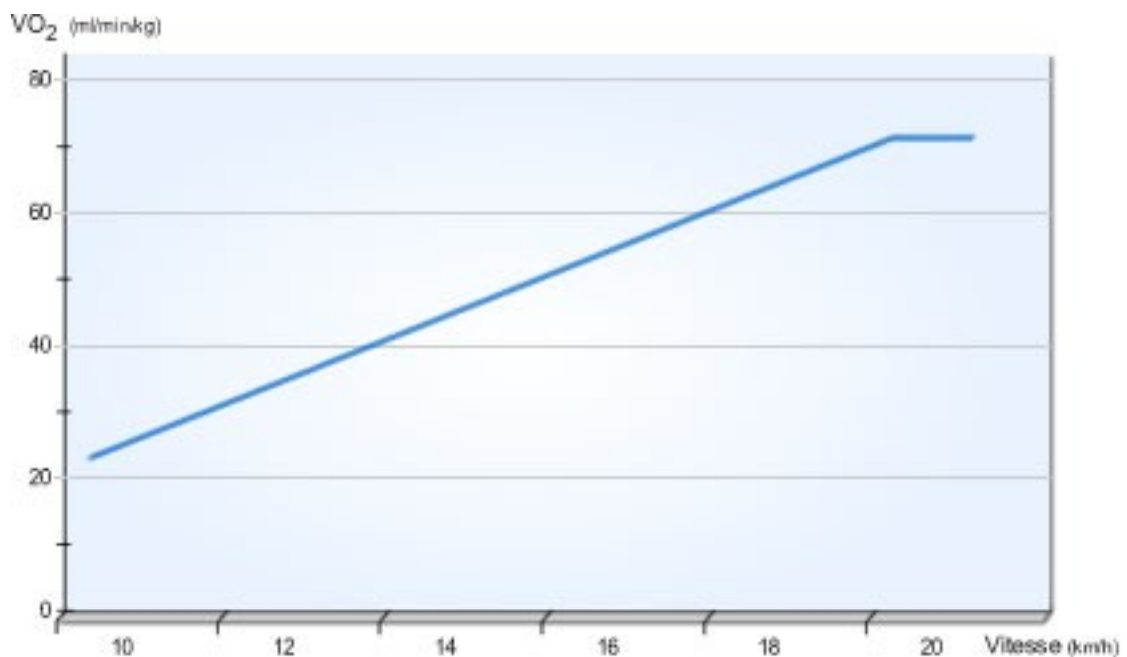
L'entraînement contribue donc à reculer cette augmentation de lactate et à une amélioration de la VMA de l'athlète.

VO₂ (Hypothèse)

La Vo₂max est la quantité maximale d'oxygène que l'athlète est capable de prendre dans l'atmosphère et lui permet d'atteindre une vitesse appelée Vitesse Maximale Aérobie (VMA).

A titre d'info, la VO₂ max (en ml/min/kg) est égale à 3,5 fois la VMA (en km/h)

Au cours d'un effort progressif, type test de Brue, nous enregistrons une augmentation de la VO₂ proportionnellement à l'augmentation de la vitesse de l'athlète.



Si nous avions eu les moyens de travailler sur ce type de contrôle, il est probable que nous aurions obtenus 2 droites différentes (avant et après le protocole) :

- Chez l'athlète avant le protocole, cette droite présenterait un coefficient directeur plus grand que chez l'athlète entraîné (baisse de consommation de VO₂)
- On obtiendrait chez l'athlète entraîné une augmentation de sa vitesse (VMA)
- Plus aléatoirement, on ne distinguerait pas une augmentation de la VO₂max mais uniquement une efficacité accrue.

Conclusion

Une discussion du travail et des tests

La mise en place de ce protocole a permis une amélioration significative de la VMA de l'ensemble des sportifs. Par contre, quel méthode de travail doit-on privilégier pour quel efficacité. La préparation physique générale (travail intermittent) est-il plus efficace dans un sport collectif qu'un travail avec des jeux réduits ? Notre travail n'a pas été assez pointu pour choisir une méthode. Certains auteurs (A Dellal) affirment que le travail par jeux réduits est plus efficace.

L'avantage d'une préparation physique générale et des exercices intermittents de type 15/15 ou 30/30 est de pouvoir quantifier la charge de travail, de fixer son intensité, de varier les phases de récupération. La progression des athlètes est vérifiable par test et ce travail, qui est individuel, ne permet pas de tricher. Les inconvénients restent la répétitivité de ce type de travail et la lassitude des sportifs.

Privilégier un travail intégré type Hoff test permet de capter l'envie des sportifs et la motivation des athlètes. Ce test reste intéressant car il permet de contrôler l'activité du footballeur (nombre de tours effectué en 10 minutes).

Quant aux jeux réduits, même si de nombreux auteurs valident ce travail, ils ne permettent pas visuellement de contrôler l'activité des joueurs et nécessitent un appareillage type GPS/FC pour surveiller leur activité, appareillage type Polar qui demande un certain investissement pour les clubs. Cette perception est souvent vérifiée par les joueurs qui estiment ne pas travailler suffisamment physiquement dans les jeux réduits. Par contre, ce type d'activité intégré permet de mettre cette VMA au service des qualités techniques et tactiques des joueurs. De plus ce type de travail, apprécié par les joueurs, crée des affinités, des situations de matches et permet de gagner du temps sur des thèmes techniques et tactiques.

Projections

Cette étude a soulevé le problème de la cohabitation du travail spécifique et de la préparation physique générale. Doit-on mettre le sportif dans un environnement intégré ou privilégier cette préparation physique générale. Une des projection possible serait de constituer deux groupes de travail, un travaillant sa VMA sur des exercices intermittents, l'autre sur des jeux réduits.

Une autre projection possible est de quantifier la charge de travail sur toute une saison. Mon choix d'outils serait l'étude de la méthode RPE.

Elle permet :

- de varier les charges d'entraînement pour éviter le surentraînement et les blessures.
- d'anticiper et donc planifier les séances selon le rythme des compétitions.
- Prévenir l'usure physique, psychique et psychologique

Cette méthode permet de quantifier la charge d'entraînement. Pour calculer cette charge, il suffit de multiplier la durée de l'exercice par l'intensité RPE. A noter que cette intensité de séance RPE est calculé à partir du pourcentage de sollicitation de la fréquence cardiaque de l'exercice ou de la VMA et certains outils commerciaux permettent le calcul immédiat de cette intensité.

Bibliographie

Références citées dans le mémoire

- Football Préparation Physique intégrée de Frédéric Lambertin Edition Amphora
- Aspects nouveaux de la préparation physique en sports collectifs, illustration en football de Gilles Cometti
- Préparation aux diplômes d'éducateur sportif de Jean Ferré et Philippe Leroux Edition Amphora
- Thèse sur l'analyse de l'activité physique du footballeur et de ses conséquencesd'Alexandre Dellal (Décembre 2008)
- De l'entraînement à la performance en football d'Alexandre Dellal Edition de Boeck
- Amisco® est une marque déposée de S.U.P. sas. - www.amisco.eu Sport-UniversalProcess SA (France) AMISCO Pro® Repérage vidéo automatique
- L'entraînement intermittent-force : moyen fondamental de l'amélioration de la puissance maximale aérobie de Gilles Cometti
- Guide de l'entraînement du footballeur de Balson PD Edition Polar
- Évaluation et Développement de la Vitesse Maximale aérobie en milieu scolaire d'Hervé Assadi.

Annexe : présentation de la méthode RPE

Cette méthode permet de quantifier les charges d'entraînements (CE) et est utile pour l'entraîneur pour planifier sa saison . Nous proposons ici une étude sur les calculs des CE, des contraintes d'entraînements, de la monotonie et du fitness.

La quantification de l'effort s'effectue à partir de l'échelle RPE. Cette intensité est à rapprocher du pourcentage de VMA subi par l'athlète. Pour calculer l'amplitude d'une charge d'entraînement, il suffit de multiplier l'intensité de la séance RPE par la durée de l'exercice.

Voici un exemple concret sur un entraînement hebdomadaire.

Description	Note
repos	0
légère -	1
légère	2
modéré	3
assez dure	4
dure	5
Dure +	6
Très dure	7
Très dure +	8
Très dure ++	9
Maximale	10

séance	durée	RPE Joueur1	CE Joueur1	RPE Joueur2	CE Joueur2	RPE Joueur3	CE Joueur3
décrassage	60	2	120	3	180	1	60
VMA	60	7	420	8	480	5	300
repos	0	0	0	0	0	0	0
vitesse	45	4	180	5	225	4	180
tactique	90	4	360	5	450	3	270
repos	0	0	0	0	0	0	0
match	90	6	540	8	720	8	720

Ecart type des CE quotidiennes moyennes sur la semaine $ET = ((d^2)/N-1))$

Joueur1		
CE q	CE q-CEm	D x D
120	-111	12416
420	189	35559
0	-231	53559
180	-51	2645
360	129	16531
0	-231	53559
540	309	95216
Total		269486

Joueur2		
CE q	CE q-CEm	D x D
180	-114	12898
480	186	34756
0	-294	86184
225	-69	4702
450	156	24470
0	-294	86184
720	426	181841
Total		431036

Joueur3		
CE q	CE q-CEm	D x D
60	-159	25145
300	81	6631
0	-219	47773
180	-39	1488
270	51	2645
0	-219	47773
720	501	251431
Total		382886

Calcul de la CE quotidienne moyenne pour la semaine= Somme de toutes les CE quotidiennes divisées par le nombre de jours

Monotonie de l'entraînement = Charge quotidienne moyenne/Écart-type de la charge

Contrainte d'entraînement = Charge d'entraînement hebdomadaire x Monotonie

Indice de fitness = Charge d'entraînement hebdomadaire – Contrainte d'entraînement

	Joueur1	Joueur2	Joueur3
Somme CE	1620	2055	1530
CE moyen	231,43	293,57	218,57
Écart Type	211,93	268,03	252,61
Monotonie	1,09	1,10	0,87
Contrainte	1 769,05	2 250,84	1 323,81
Fitness	-149,05	-195,84	206,19

En conclusion le joueur 1 et 2 sont en surentraînement. (Fitness < 0)