

Quel(s) outil(s) d'évaluation pour le travail d'endurance en football ?

Etude de deux tests de terrain

« Le test continu "Vameval" et le test intermittent-navette "I-N45/15" »

Présenté par :

Dr ZERZOURI Said

ABDELJALIL Yassine

Septembre 2018

Introduction :

L'endurance est une qualité physique très importante dans la majorité des sports. Elle constitue un des facteurs déterminants dans certains sports individuels tels que le marathon, le cyclisme, la course de fond et demi-fond puisque les pratiquants de ces disciplines ont souvent des VO_2 max très importants. Elle est aussi considérée comme un paramètre fondamental dans les sports collectifs comme le football où le joueur professionnel possède des valeurs de VO_2 max situées entre 60 et 66 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ selon le niveau des joueurs et leur poste de jeu.

En effet le football moderne requiert d'avantage de force de rapidité et d'endurance puisque l'analyse de ce sport de ballon nous montre que le joueur professionnel parcourt, lors d'une rencontre, des distances situées entre 8 et 13 km sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif. Ces joueurs effectuent 1110 et 1200 actions dont 200 sont intensives et auxquelles nous ajoutons 400 changements de direction, 200 à 400 mètres de course arrière et 30 à 40 sauts (Bangsbo 1994, Verheijen 1998, Laia et al. 2009). Toutes ces données montrent l'importance d'avoir une solide base d'endurance qui permet au footballeur de mieux répéter ces efforts intenses, de pouvoir réaliser des bons choix tactiques et des gestes techniques réussis avec le minimum de perte de l'intensité de jeu entre le début et la fin du match malgré la pression adverse.

Ceci nous pousse à considérer à l'instar de plusieurs auteurs, le football comme un sport intermittent dont la contribution de chaque processus énergétique dépend de la nature des exercices, de leur durée, de la nature et la durée de la récupération, des différents postes de jeu, du niveau des joueurs, de leur âge, etc.

Il nous semble que tous les processus énergétiques interviennent lors d'une rencontre sportive à des proportions différentes et que le processus aérobie reste un facteur déterminant dans la préparation du footballeur et des pratiquants des sports de ballon en général car il permet aux joueurs de répéter autant d'actions intenses et très intenses à la fin de la partie au même rythme qu'au début et de s'exprimer avec autant d'efficacité durant tout le match.

Et c'est pour cette raison que l'amélioration de cette qualité physique spécifique à la discipline sportive demande une réflexion et requiert une méthodologie adéquate à ses objectifs. Différentes méthodes permettent de la développer et de l'optimiser selon Dellal (2008). Pour chaque méthode existe un outil d'évaluation sur lequel, le préparateur physique peut se baser pour déterminer les capacités de ses joueurs et planifier son travail. Ces outils sont nombreux ; ils donnent des résultats différents et doivent être choisis selon l'objectif visé.

Mais avant d'exposer ces outils de terrain nous passeront en revue cette notion d'endurance et ses spécificités

L'endurance :

La notion d'endurance, du fait de sa variété et de son intérêt sur la performance physique, suscite un grand débat. Elle est conçue de différentes façons suivant le facteur pris en considération par le scientifique pour la définir. Selon Vrijens (1991), "c'est la capacité de maintenir un travail dynamique ou statique le plus longtemps possible".

En fait c'est une qualité physique qui permet au sportif de maintenir un rythme convenable et une exécution gestuelle efficace avec aisance durant toute l'activité. Les chercheurs distinguent entre l'endurance générale et l'endurance spécifique dans toute préparation à une discipline sportive.

L'endurance générale et le travail continu :

Elle ne revêt aucun aspect spécifique et peut aussi être appelée endurance de base. Elle dépend essentiellement du développement du système cardio-vasculaire et des possibilités d'échange périphérique de l'oxygène au niveau musculaire (Vrijens, 1991).

Elle consiste, le plus souvent, à effectuer une course continue à des intensités variées entre 50% et 85% de la VMA d'un test continu, comme le Vameval, le Leger et Boucher, selon l'objectif recherché (endurance fondamentale, capacité aérobie) (Dellal, 2013).

Ce type d'entraînement situé généralement à la reprise de la saison ou pendant la trêve hivernale, est indispensable lors de la préparation physique des joueurs de football. Il permet d'avoir des modifications immédiates sur le plan structural (organique) et fonctionnel. Dans le cadre de l'adaptation immédiate à l'effort, l'ensemble des grandes fonctions organiques modifie le niveau de fonctionnement afin de l'élever au niveau requis pour permettre une resynthèse d'ATP adaptée à l'effort (Doutreloux, 2013). C'est donc une phase dans laquelle on doit développer les structures favorisant l'endurance et faciliter leur utilisation au maximum.

Cette phase de préparation est, toutefois, nécessaire. Elle constitue une base importante pour le travail ou la phase suivante. Elle permet d'optimiser le travail au sein d'autres facteurs physiques de la performance du footballeur en réalisant des efforts d'intensité maximale autant de fois sans baisse de performance ou des gestes techniques avec aisance durant tout le match.

L'endurance spécifique et le travail intermittent :

C'est la fonction d'autres qualités telles que la force, la capacité anaérobie, l'endurance musculaire, l'endurance vitesse et surtout la coordination neuromusculaire (technique) de chaque discipline sportive (Vrijens, 1991). Selon Weineck (1990), elle se limite à la forme spécifique d'une activité sportive donnée.

Ces dernières années, l'analyse des efforts physiques réalisés lors d'un match de sport ballon tel que le football retient l'attention de plusieurs chercheurs. Cette approche d'analyse directe des contraintes énergétiques de la compétition associe l'investigation biologique et l'analyse des efforts (quantité et qualité) et mène à l'élaboration des contenus d'entraînement qui visent à reproduire les charges spécifiques du match.

La majorité de ces études montre qu'il s'agit bien des efforts d'intensités variables répétés lors d'une durée de 90 minutes au minimum. En général les auteurs s'accordent à confirmer les données suivantes : une distance totale parcourue par le footballeur estimée entre 8 et 13 km par match, une fréquence cardiaque moyenne située entre 72% et 93% de la fréquence cardiaque maximale (F_c max) (Dellal, 2008), une variation de la F_c entre 150 et 190 bpm (Bangsbo, 1994), des concentrations d'acide lactique entre 6 et 10 mmol/l (Bangsbo, 1994 ; Ekblom, 1986), des sprints répétés entre 20 et 30 fois selon le poste occupé (Rampinini et al. 2007) ou une valeur comprise entre 0,5km et 0,9km de distance parcourue en sprint par match avec des distances maximales de sprint avoisinant les 60m selon les postes des joueurs (Verheijen, 1998), des sauts, des tacles, des duels, des changements de direction, autant de facteurs qui qualifient l'effort produit lors d'un match de football d'intermittent qui respecte des structures de jeu : 5s/5s, 5s/10s, 10s/10s, 10s/20s, 15s/15s et 30s/30s. Lors de ce genre de travail, la fréquence cardiaque mobilise un haut pourcentage de VO_2 max. elle présente une grande similitude avec celle relevée en match de football. L'alternance des temps de travail et de récupération doit être adaptée à l'âge, au niveau, au poste des joueurs et à l'objectif recherché par l'entraîneur.

Ce type de travail permet une sollicitation importante du métabolisme alactique, une faible intervention de la glycolyse anaérobie et l'amélioration de l'endurance aérobie spécifique du footballeur, essentielle à la récupération au cours des arrêts de jeu et des périodes de moindre intensité. Les tâches technico-tactiques motivent les joueurs et répondent aux exigences physiologiques spécifiques de la compétition (Petit, 1989).

Le travail intermittent succède au travail continu ; il le complète et permet une sollicitation mixte à la fois aérobie et anaérobie. Selon Cometti (2005) et Dellal (2013), cette méthode de travail est intéressante car elle correspondrait à l'activité du joueur au cours d'un match. En comparaison avec le travail continu, elle permet une accumulation de lactate moindre, une sollicitation à des intensités plus élevées, une augmentation de la durée du travail, une hausse du temps de réaction et des structures physiologiques (enzymes oxydatives).

Les efforts intermittents se caractérisent, selon Dellal (2013), par la durée et l'intensité de travail, la nature et la durée de récupération (passive, active ou semi-active), la nature de l'effort (travail en ligne, avec changement de direction, intégrant un travail de motricité ou un travail technique, travail classique ou composé, etc.), la durée et le nombre de blocs et les ratios entre temps de travail et temps de récupération.

Les effets du travail intermittent :

Pour Cometti (2005), le travail intermittent correspond plus à l'effort du joueur de football que le travail continu. Selon cet auteur, les études montrent que la Fc monte pendant l'effort et qu'elle n'a pas le temps de redescendre pendant le repos, elle se stabilise en plateau, il s'agit donc bien d'un effort d'endurance. De plus les muscles se reposent localement pendant le trotting, ce qui permet une sollicitation des fibres rapides lors de l'effort suivant et une meilleure qualité de travail. On peut dire que l'intermittent permet de travailler l'endurance et la qualité musculaire, il nous en donne donc plus que le travail continu. Cet auteur distingue trois niveaux du travail intermittent que nous pouvons classer en deux catégories : le travail intermittent classique à base uniquement de course (très vite ou à VMA) et le travail intermittent composé à base de course et de musculation (avec ou sans charge).

Pour comprendre encore mieux l'intermittent, Reiss et al. (2013) ont consacré toute une page qui résume les différentes recherches concernant ce sujet dont voici une partie :

Edgerton et al. (1975) et Essen (1978) indiquent que les fibres lentes sont majoritairement recrutées pendant l'effort continu alors que les fibres lentes et rapides sont recrutées pendant l'effort intermittent.

Essen (1978) indique également que pour un effort correspondant à 100% de VO_2 max, en continu, les sujets sont épuisés en quelques minutes, alors qu'ils peuvent soutenir une heure d'effort en 15s/15s. L'auteur indique une accumulation plus importante de lactate et un taux d'utilisation plus élevé de glycogène pendant l'effort continu alors que le taux d'utilisation des lipides est plus élevé pendant l'intermittent. Lors de ce travail, la contribution plus importante des processus aérobie serait due à la réserve d' O_2 de la myoglobine.

Christenssen et al. (1960) remarquent que pour des intensités supérieures à vVO_2 max, les intermittents courts peuvent être réalisés sans production de lactate excessive du fait de la décharge d' O_2 de la myoglobine pendant l'effort et de sa recharge pendant la récupération.

Manno (1992) montre que si l'intensité dépasse 90% de la VMA, les fibres rapides se trouvent également sollicitées.

Idir et al. (2001) montre une meilleure répartition de la fatigue pendant l'intermittent.

En 1977, Essen et al. ont comparé des efforts 15s/15s (15s à 100% de la VMA) avec un effort continu correspondant à la même intensité (50% de la VMA). Ils ont constaté que les taux de lactates demeurent identiques pour une période d'effort de 1 heure. Cependant, alors que les taux de PCr et ATP restent relativement stables dans l'effort continu, les valeurs fluctuent pendant l'exercice intermittent. Après 5min d'effort, à la fin d'une période de 15s, le taux de PCr représente 40% de la valeur de repos, et 70% à la fin de 15s de récupération. Les auteurs indiquent également une modification du type de fibres recrutées.

Le travail intermittent en ligne, l'intermittent-navette et la fatigue :

L'impact physiologique engendré par la course durant les exercices intermittents en ligne (Zavorski et al., 1998) serait nettement inférieur à celui engendré par des changements de direction lors des exercices intermittents en navette (Thompson et al., 1999 ; Mac Gregor et al., 1999). A une même intensité, la principale distinction se situerait au niveau de la composante périphérique de la fatigue, la lactatémie étant plus élevée (Bisciotti et al. 2000) lors d'un exercice intermittent en navette. Dans le cas des exercices intermittents en ligne, bien que les résultats indiquent la prédominance de la composante périphérique de la fatigue, la composante centrale de la fatigue resterait significative et complémentaire dans la performance d'un athlète de sport collectif (Dupont et al., 1999).

La comparaison entre les exercices intermittents effectués en ligne et ceux effectués en navette est très importante au niveau du coût énergétique engendré par les changements de direction lors d'exercices intermittents navettes (Dellal et al., 2004) a permis de relever une importante utilisation des phospho-créatines (PCr) et une importante couverture énergétique de la glycolyse anaérobie et une hausse de la lactatémie lors d'exercices intermittents navettes (Essen et al., 1977 ; Dellal et al., 2004). Un exercice intermittent navette à 100% de la VMA en 30s/30s et plus anaérobie qu'un même exercice à la même intensité en intermittent en ligne. Le travail intermittent est une sollicitation mixte anaérobie et aérobie (Thibault, 1996 ; Gaitanos et al., 1993 ; Lacour et al., 1992 ; Christensen et al., 1960).

Relation entre l'endurance générale et l'endurance spécifique :

Il existe une relation directe entre l'endurance générale et l'endurance spécifique, toutes les deux sont indispensables lors de la préparation à la performance sportive. Elles se complètent. Le développement de l'endurance générale, selon Vrijens (1991) doit toujours se faire en fonction de l'endurance spécifique. Il est par conséquent primordial de définir, dans chaque cas, les relations existant entre ces deux qualités en fonction de la discipline sportive. En effet, le transfert progressif de l'endurance générale vers l'endurance spécifique devrait se réaliser facilement.

Pour avoir un transfert positif, il est important d'avoir une transition graduelle des procédés généraux aux procédés spécifiques et de compétition. Ou en une transition graduelle des efforts aérobie de longue durée vers des efforts anaérobies à intensité élevée (Martin 1979). Ceci rejoint parfaitement la classification de Cometti (2005) qui conseille de bien travailler la condition physique en commençant par des exercices généraux souvent éloignés des conditions de jeu mais qui servent à améliorer les qualités physique de la discipline sportive, des exercices orientés qui rapproche un peu le joueur de l'activité spécifique en lui proposant des situations dirigées et orientées vers le football et terminer par des exercices spécifiques qui respectent plus précisément les conditions de jeu ou de la compétition.

L'objectif premier de l'entraînement, selon Vrijens (1991), consiste à augmenter de façon systématique et continue le volume de l'entraînement. Quand ce niveau d'entraînement optimal est atteint par des procédés généraux comme la course continue ou le footing, une augmentation du volume d'entraînement à intensité constante n'aura plus aucun effet sur la performance maximale. Il faut alors aborder la phase de transfert de l'entraînement général vers l'entraînement spécifique en passant par une phase intermédiaire qui rapproche le joueur de l'activité pratiquée (orientée). Le transfert aisé de l'endurance de base vers l'endurance spécifique est déterminé par le rapport idéal entre l'intensité et la durée de l'effort.

Selon Dellal (2013) l'ensemble de ces méthodes d'entraînement en endurance est utilisé chez le footballeur professionnel. Toutefois, l'utilisation privilégiée de l'une ou l'autre dépend du moment de la saison (pré-saison, trêve, période de compétition, période de transition), des objectifs définis par le club et l'entraîneur, de la méthode de travail du préparateur physique, etc. Il est important d'associer les sollicitations tout au long de l'année. La variation entre travail continu et efforts intermittents est indispensable. Chaque méthode de travail développe ou sollicite des qualités physiques différentes et exige des intensités par rapport à une VMA qui aura été déterminée à la suite d'un test spécifique correspondant à la méthode de travail et à ceux produit en compétition (Nabatnikova 1974) comme par exemple le test Vameval pour l'endurance continue, le test 45/15 pour le travail intermittent et enfin le test IT 30/15 ou I-N45/15 pour le travail intermittent navette.

Les outils d'évaluation les plus utilisés en football :

Les tests visant à déterminer les valeurs de référence pour travailler l'endurance sont nombreux. Des tests rectangulaires, utilisés depuis plus de 75 ans sont encore à la mode en raison de la facilité de leur mise en œuvre. Le test de Cooper de 12 minutes ou le test de Cooper de 2400m en sont des exemples. A partir des années 80, les tests continus triangulaires ont pris la place des précédents : test progressif de Leger et Boucher (1980) sur piste et le Leger-Lambert (1982) en aller-retour sur 20m, puis le test de Brue, le Vameval ou encore le Tub II ont été développés (Doutreloux, 2013). Ces derniers tests sont très utilisés en milieu scolaire et en milieu sportif professionnel pour évaluer la VMA que nous appelons une $VMA_{continue}$ puisqu'elle est issue d'un test continu et qui servira ultérieurement pour le travail d'endurance continue à la reprise des entraînements au début de la pré-saison par exemple.

Cependant, les méthodes d'entraînement spécifique utilisent de plus en plus le travail d'efforts intermittents pour être plus proches des exigences physiologiques de la discipline sportive en utilisant des pourcentages de la $VMA_{continue}$ pour un travail intermittent ou intermittent navette. Certains pensent qu'il est plus important de choisir un test qui correspond à la discipline sportive comme le test Leger Lambert (1982) navette du fait des blocages et changements de direction imposés tous les 20m (Legall, 2002). Malheureusement, la VMA déterminée par ce test est sous-estimée et elle donne des valeurs nettement inférieures à la valeur réelle de référence du sportif (Cazorla, 1990 ; Dupouy, 2009 ; Zerzouri, 2016).

Face à l'incohérence de ces VMA issus des tests continus pour un travail intermittent spécifique aux sports ballons comme le football caractérisé par la capacité à enchaîner des efforts à haute intensité, différents tests d'évaluation spécifiques à ce genre d'efforts intenses et répétés ont été créés : le "Yo-Yo intermittent test", le "Yo-Yo intermittent recovery test", le "45/15" de Gacon, le "30/15 IFT" ou encore le "I-N 45/15". Chacun de ces tests fournit un indice de performance sur la capacité de récupération après des efforts à haute intensité ; ce qui permet de cibler les besoins de

chaque joueur et d'orienter certaines séances d'endurance (Dellal, 2013). Ces indices, nous pouvons aussi les appeler VMA en citant le nom de leur test comme par exemple $VMA_{I-N45/15}$.

Juste après la phase de préparation physique générale, l'entraîneur doit avoir des indices pour ajuster son travail intermittent ou intermittent-navette. Ces indices proviennent des tests correspondant au type d'effort programmé soit un test intermittent soit un test intermittent-navette. Les valeurs de ces tests sont très variables d'un sujet à un autre, selon sa spécialité, son poids corporel, sa capacité à supporter la fatigue, sa capacité de récupération entre les efforts intenses, etc. elles peuvent être plus proches de celles d'un test continu comme elles peuvent en être très éloignées.

Dans le but d'individualiser l'entraînement et adapter l'effort à chaque joueur, nous avons besoin de données ou de valeurs fiables, cohérentes et conformes à chaque méthode d'entraînement ou type d'effort programmé.

Le choix de la VMA comme critère d'entraînement et la nature de l'activité :

Nous avons déjà abordé ce concept de variation des VMA. Il existe plusieurs VMA, chacune est spécifique à la nature du test réalisé. Le test doit être choisi suivant la nature de l'activité, l'objectif ou la méthode d'entraînement, le niveau sportif de la population, l'infrastructure, la période de la préparation physique, des conditions climatiques, autant de facteurs qui déterminent le choix de tel ou tel autre protocole. Certains de ces tests sous-estiment cette valeur de la VMA alors que d'autres la surestiment (Cazorla, 1990 ; Zerzouri, 2016). Ceci est une preuve de l'intérêt ou de la nécessité du choix de l'outil d'évaluation suivant l'objectif de travail ou qui correspond au rythme d'efforts de la discipline sportive.

Nous disposons de différents outils, ceux qui évaluent une VMA d'un effort dit continu ($VMA_{continue}$), d'autres une VMA d'un effort intermittent ($VMA_{intermittente}$) ou intermittent-navette ($VMA_{intermittente-navette}$) dont les valeurs et les conséquences sur l'organisme sont différentes.

Selon Dellal (2008), Bangsboo (1994a, 1994b) et Verheijen (1998), les exercices intermittents sont incontournables dans le milieu du football qui est aussi une activité intermittente puisque durant tout le match le joueur enchaîne effort et contre effort en effectuant différentes actions à des intensités aléatoirement différentes entrecoupées par des moments de récupération au trot, à la marche ou à l'arrêt.

Ces exercices sont tous programmés par rapport à des pourcentages de la VMA. Cependant, il est important de connaître les différentes valeurs de la "VMA" de ses joueurs puisqu'il existe une différence significative entre les VMA des différents protocoles du terrain (Zerzouri, 2016 ; Dupouy, 2009).

Un test de détermination de la VMA en mode continue est très utile pour un travail continu. Un test intermittent en ligne est très utile et conforme pour solliciter une endurance spécifique alors qu'un travail intermittent-navette conforme aux efforts rencontrés dans les sports collectifs devrait utiliser un test intermittent-navette (Dellal, 2008 ; Doutreloux, 2013 ; Legall, 2002).

Dans cette étude nous avons traité les valeurs des vitesses atteintes au dernier palier de deux tests progressifs, le premier est le "Vameval" qui est un test continu et le second est le "I-N 45/15" qui est un test intermittent-navette.

L'objet de l'étude :

L'objectif de cette étude est de comparer les résultats ou les valeurs de la vitesse du dernier palier atteint par les sportifs lors de deux types de tests, l'un continu (le test Vameval), l'autre intermittent-navette (le test I-N 45/15), de voir si nous pouvons programmer le travail intermittent-navette en se basant uniquement sur les résultats d'un seul test qui est le Vameval, et enfin de vérifier si les sportifs, au moment de l'arrêt, atteignent des valeurs maximales de leur fréquence cardiaque.

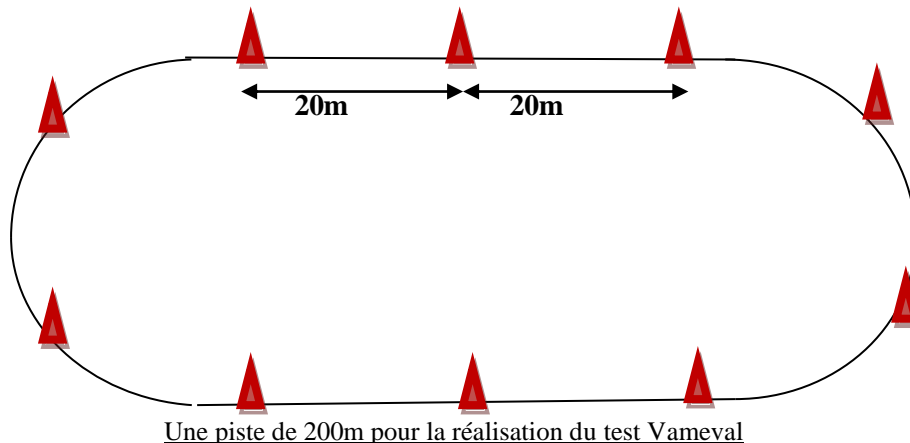
Description des protocoles de l'étude :

Parmi les points communs aux deux tests :

- Test à protocole triangulaire.
- La vitesse est imposée par des « bips » sonores.
- Les sujets évalués doivent s'efforcer de passer devant chaque borne au moment même où est émis le bip.
- L'augmentation de la vitesse est de 0,5 km/h par paliers d'une minute.
- Au cours de nos expérimentations, nous avons choisi de faire commencer l'ensemble des tests à 8 km/h.
- Le test se termine lorsque le sujet évalué n'est plus capable de suivre la vitesse imposée.

Le test Vameval (Cazorla 1990) :

C'est un test qui se déroule sur une piste d'une longueur égale à un multiple de 20m (sur un terrain de football ou une piste d'athlétisme). L'épreuve consiste en une course dans laquelle la vitesse augmente de 0,5 km/h toutes les minutes. Cette vitesse est réglée au moyen de « bips » sonores qui régulent l'allure sur les plots. L'épreuve se termine quand le sportif ne peut plus suivre le rythme imposé, c'est-à-dire s'il est plus de 2 fois consécutivement en retard de plus de 2m au passage des plots. Le dernier palier et la durée soutenue dans ce palier vont permettre notamment d'évaluer la VMA_{vameval} du sportif. Ce test permet également d'estimer la fréquence cardiaque maximale du joueur, c'est-à-dire la plus haute valeur de fréquence cardiaque relevée au cours de ce test (Dellal, 2013).

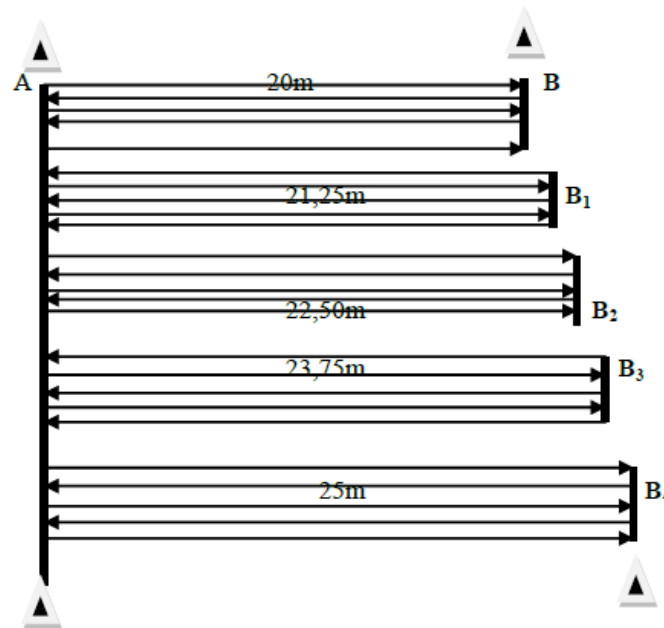


Le test I-N45/15 (Zerzouri 2016) :

C'est un test intermittent-navette permettant de fournir des informations sur la capacité du joueur à enchaîner des efforts à haute intensité. Le test est constitué de périodes de courses d'effort d'une durée de 45 secondes, suivis par des périodes de récupération de 15 secondes (passives). Durant les périodes d'efforts, le sportif doit effectuer des allers-retours sur une distance minimale de 20m en gardant un rythme donné par les « bips » sonores. C'est un test intermittent et navette progressif avec

une incrémentation de la vitesse de course toutes les minutes de 0,5 km/h en augmentant la distance de 1,25 m par trajet c'est-à-dire 6,25m par palier.

La durée des trajets ne change pas ; elle est toujours de 9s, par contre la distance augmente à la fin de chaque palier. La vitesse de course du début du test est de 8km/h. les longs « bips » désignent un changement de direction et lors du double « bip », les sujets cessent de courir et attendent le début du palier suivant. Ce test permet lui aussi d'évaluer la $VMA_{I-N45/15}$ et d'estimer la fréquence cardiaque maximale, c'est-à-dire la valeur maximale atteinte par le joueur lors du dernier palier (Zerzouri, 2016).



Une partie du terrain de football pour la réalisation du test I-N 45/15

Caractéristiques de la population de l'étude :

Nous avons comparé les valeurs de la VMA chez une population composée de 35 sujets au total dont 10 athlètes, 10 sportifs occasionnels et 15 footballeurs. Les athlètes et les footballeurs sont affiliés à des clubs où ils pratiquent leur activité sportive à une fréquence de trois fois par semaine. Par contre les sportifs occasionnels disposent d'une liberté de pratique irrégulière. Notre échantillon est situé à une moyenne d'âge de $17,97 \pm 1,87$ ans, avec une taille moyenne de $178,28 \pm 6,52$ cm et d'un poids moyen en Kg de $64,03 \pm 7,92$.

Composition de l'échantillon	Moyenne d'âge en année \pm écart-type	Moyenne de la taille en cm \pm écart-type	Moyenne du poids en kg \pm écart-type
35 garçons	$17,97 \pm 1,87$	$178,28 \pm 6,52$	$64,03 \pm 7,92$

Tableau I : Données anthropométriques de l'échantillon de l'étude

Les lieux de l'étude :

Nos expériences se sont déroulées dans deux lieux différents : pour les footballeurs, nous les avons passées sur un terrain de football synthétique et pour le reste (athlètes et sportifs occasionnels), sur une piste d'athlétisme en tartan.

Le matériel utilisé :

- Un pèse-personne pour déterminer le poids du corps des sujets.
- Un mètre pour mesurer la taille des sportifs gradué en mm.
- L'enregistrement sonore du test intermittent-navette 45/15 (Zerzouri 2016) pour déterminer la VMA des sujets.
- L'enregistrement sonore du test Vameval (Cazorla1990) pour déterminer la VMA des sujets.
- Un cardiofréquencemètre de marque Polar m400 pour relever les fréquences cardiaques maximales, de repos et de récupération.
- Des cônes, des plots, un double décamètre, un sifflet et un haut parleur.

Déroulement des expériences :

Nous avons réalisé cette étude durant deux semaines. Le déroulement des épreuves s'est fait selon la disponibilité des sujets, le lieu (la piste d'athlétisme ou le terrain de foot), le temps (climat). Certains avaient déjà subi le test Vameval alors que d'autres venaient juste d'arriver pour la première fois lors du passage du test I-N45/15, etc. On n'avait aucune préférence pour passer tel ou tel test. Nous avons veillé à ce que les conditions climatiques et logistiques de passage des tests soient similaires autant que possible.

Etude statistique :

Nous avons utilisé le coefficient de corrélation (r) pour comparer les Fc max des différents tests et nous avons aussi utilisé le test "t" de Student pour étudier les différences entre les tests et en particulier les « VMA » de chaque test.

Résultats, analyses et interprétations :

Sujet	VMA Vameval en km/h	VMA I-N 45/15 en km/h	Fc max Vameval bpm	Fc max I-N 45/15 bpm
Moyenne	14,98	15,5	196,25	197,42
Ecart-type	1,81	1,61	11,77	11,80

Tableau2 : Résultats des tests

Nous utilisons la Fc max comme indice de comparaison entre les deux tests. Nous constatons que la valeur moyenne de la Fc max du test Vameval est de $196,25 \pm 11,77$ battements par minute (bpm) et celle du test I-N 45/15 est de 197,42 bpm. Le coefficient de corrélation de ce facteur (Fc max) est de 0,94 c'est-à-dire qu'il existe une excellente corrélation entre les deux tests de terrain ; le test Vameval et le test I-N 45/15. Cette fréquence cardiaque monte de façon progressive lors du test I-N 45/15 malgré les phases de pause jusqu'à l'atteinte de la Fc max et ceci de la même manière que le test continu. Nous constatons que les sujets atteignent à peu près les mêmes Fc max lors de leurs derniers paliers dans les deux tests. On peut dire que dès que le sportif atteint sa Fc max lors d'un test triangulaire comme dans ces deux tests, il ne peut plus continuer la course à ce rythme et encore moins à un rythme plus élevé et la vitesse atteinte à ce dernier palier est nommée VMA. Selon Billat (1991) à VMA, la Fc est égale à la Fc max. Et selon Reiss et al. (2013), lors du test Vameval, la fréquence cardiaque maximale obtenue à la fin du test doit être la Fc max réelle du sportif. Donc nous pouvons compter sur la fiabilité de cet indice pour l'étude comparative.

Concernant les vitesses atteintes par les sujets au dernier palier de chaque test, nous constatons qu'elles présentent une différence très significative ($t = 3,44^{-05}$). La différence moyenne est estimée à 0,52 km/h entre les deux tests chez l'ensemble de notre échantillon. Les différences individuelles sont très variables, allant de -05 km/h chez certains qui ont réalisé des valeurs de VMA_{vameval} supérieures à celles de $VMA_{\text{I-N45/15}}$ de $\pm 0,5$ km/h jusqu'à des valeurs supérieures à +2 km/h chez ceux qui ont réalisé des VMA_{vameval} supérieures à celles de $VMA_{\text{I-N45/15}}$ de 2,3 km/h. Nous constatons aussi que certains sujets ont réalisé la même vitesse maximale dans les deux tests ; ce qui nous pousse à la prudence dans la programmation des charges d'entraînement en choisissant le test adapté au mode de travail. Nous savons que lors d'un test intermittent ou intermittent-navette les valeurs de la VMA sont surestimées par rapport à celle des tests continus en ligne et en navette (Zerzouri, 2016 ; Dupouy, 2009). Ceci peut être justifié par une importante participation des phospho-créatine (PCr) et une importante couverture énergétique de la glycolyse anaérobie lors des tests intermittents navette en plus du rôle que joue la récupération lors des temps d'arrêt pour restaurer une partie des réserves d'O₂ de la myoglobine (Fox et al. 1984) ce qui correspond parfaitement au rythme et genre des efforts fournis dans certains sports collectifs comme le football, le rugby, etc.

Exemple de planification d'un travail intermittent sur base de 2 tests différents

Si, pour faire un travail intermittent-navette du type 10s/10s à 105% de la $VMA_{vameval}$ comme le font la plupart des entraîneurs, nous prenons 3 sportifs qui ont tous réalisé une même $VMA_{vameval}$ selon le dernier palier atteint lors du test Vameval à 15km/h, à 105% de cette VMA, nos joueurs doivent traverser une distance de 43,75m en aller-retour en 10 secondes.

Sujets	$VMA_{vameval}$	105% $VMA_{vameval}$	10s/10s à 105%	$VAM_{I-N45/15}$	10s/10s à 100%
S1	15 km/h	15,75 km/h	43,75m	15 km/h	41,67m
S2	15 km/h	15,75 km/h	43,75m	15,5 km/h	43,06m
S3	15 km/h	15,75 km/h	43,75m	16,5 km/h	45,83m

Tableau3 : Comparaison entre la vitesse estimée et la vitesse réelle d'un travail intermittent-navette

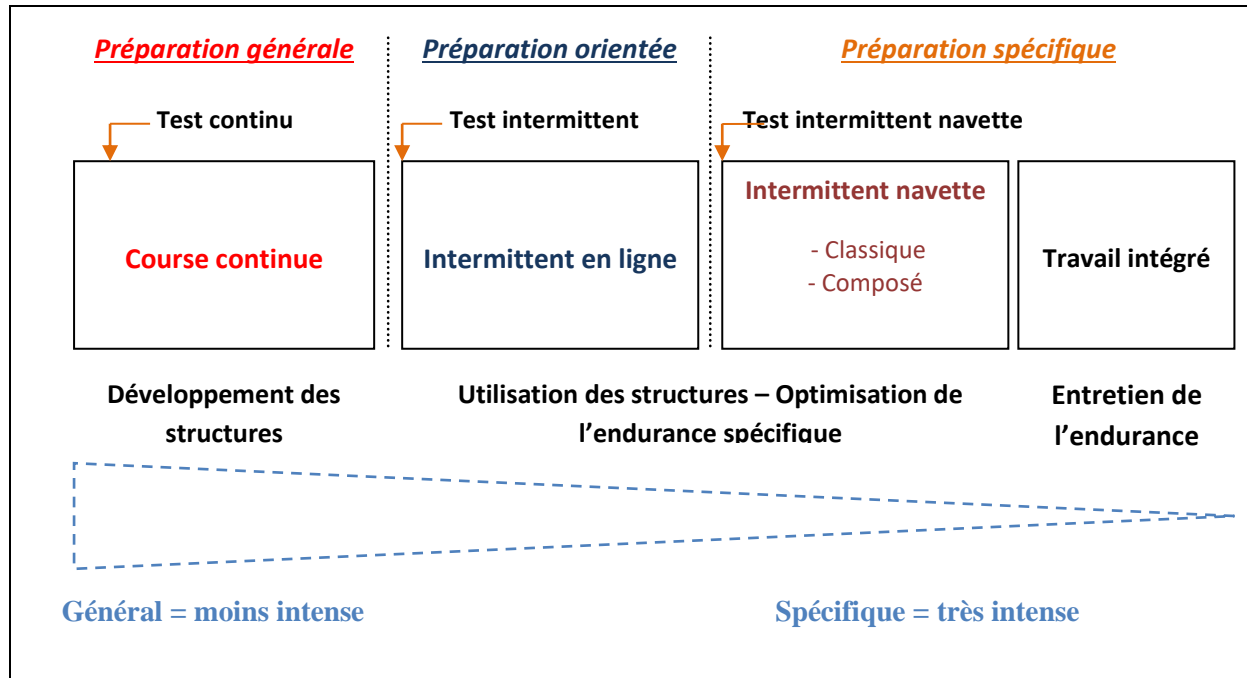
Les mêmes sujets ont réalisé des $VMA_{I-N45/15}$ très différentes. Nous constatons que lors de ces efforts le seul sujet qui se trouve à sa vraie charge de travail est le sujet (S2). Par contre les deux autres sujets doivent courir une distance de 41,67m pour le sujet (S1) et une distance de 45,83m pour le sujet (S3). Donc même si les 3 sujets présentent la même valeur de la $VMA_{vameval}$ lors d'un test continu, les faire courir à la même intensité ; c'est-à-dire à la même charge externe lors d'un travail intermittent-navette risque de sous-estimer ou, au contraire, surestimer la charge imposée aux joueurs car ces derniers produisent un rendement énergétique différent lors des blocages et changements de direction suivant leur surcharge pondérale, leur technique d'appui, etc. Donc il est peu probable que des sportifs ayant la même VMA en continu puissent courir à la même charge interne lors d'un travail intermittent-navette car, selon Gacon (1992) chacun a son propre système cardio-vasculaire, issus d'une histoire et d'une hérédité différentes.

Conclusion :

Le choix d'un outil d'évaluation d'une qualité physique doit être motivé par plusieurs facteurs dont la pertinence qui, selon plusieurs chercheurs, doit être le souci majeur d'un entraîneur. "Est-ce que le test mesure bien la valeur que je souhaite obtenir, à la discipline sportive analysée ?", doit-il toujours se demander (Reiss et al., 2013). Peut-on programmer un test de détente horizontale dont les résultats serviront plus tard à planifier un travail individualisé de détente verticale ? Le choix d'un test se fera aussi en fonction de la nature de l'exercice qu'on veut planifier, de la nature des efforts de la discipline sportive, le public cible, etc (voir schéma ci-dessous). L'étude de ces deux tests, le premier continu (Vameval) et le second intermittent-navette (I-N 45/15), nous montre que nous mesurons deux types de vitesses différentes puisque chacune correspond à la nature de l'effort sollicité malgré une corrélation très significative entre les deux outils d'évaluation au niveau de la Fc_{max} .

Le test continu "Vameval" nous donne des valeurs de la vitesse atteinte au dernier palier $VMA_{vameval}$ inférieures à celles du test intermittent-navette "I-N 45/15" pour les mêmes sujets. Cela nous montre que le choix du premier test permet de programmer des efforts de type continu et que le second sert à planifier des efforts de type intermittent car les valeurs de la vitesse de ce dernier qu'on ne peut planifier que dans des exercices de type effort/contre-effort (travail/récupération) sont élevées. En nous référant aux données d'un test continu, nous avons montré sur base des résultats de notre étude, que la planification d'une intensité d'un exercice intermittent-navette est fort différente d'une planification de ce même genre d'exercice basée sur les données d'un test intermittent-navette. C'est-

à-dire, lors d'un travail intermittent-navette, en utilisant les valeurs d'un test continu, nous risquons, pour des joueurs de même $VMA_{continue}$, de mettre certains dans des conditions fortement anaérobiques alors que les autres sollicitent la filière aérobie.



Organisation chronologique du travail d'endurance en football établi par Dellal et Grosgeorge (2006), modifiée par Zerzouri.

Bibliographie:

- Bangsbo J. (1994a): "Fitness Training in football: a scientific approach". Bagsvaerd, Danemark: HO + Storm.
- Bangsbo J. (1994b): "The physiology of soccer. With special reference to intense intermittent exercise", [Thèse de physiologie de l'exercice]. Université de Copenhague.
- Bangsbo J. (1994): "Physiology of soccer –with special reference to intense intermittent exercise". Acta Physiol Scand. 151 (619); 1–155.
- Billat V. (1991) : "Course de fond et performance". Editions Chiron. Paris.
- Bisciotti NG., Sagnol JM., Filaire E. (2000) : "Aspetti bioenergetici della corsa frazionata nel calcio". Scuola dello sport. N° 50. Italie.
- Cazorla G. (1990) : "Test de terrain pour évaluer la capacité aérobie et la vitesse maximale aérobie". In Cazorla G, Robert G. L'évaluation en activité physique et en sport. Cestas: AREAPS. 151-174.
- Christensen, E.H., Hedman, R., Saltin, B. (1960) : "Intermittent and continuous running". Acta Physiologica Scandinavica, 50, 269.
- Cometti G. (2005) : "La préparation physique en football". Editions Chiron. Paris

- Dellal A. (2008) : "De l'entraînement à la performance en football". Editions De Boeck. Bruxelles.
- Dellal A. (2013) : "Une saison de préparation physique en football". Editions De Boeck. Bruxelles.
- Dellal A., Keller D. (2004) : "Incidences physiologiques des changements de direction lors d'exercices intermittents en navette". Communication lors du congrès de l'INSEP : «3^e journée internationale des Sciences du Sport», 24-26 Novembre.
- Doutreloux J-P. (2013) : "Physiologie et biologie du sport". Editions Vigot. Paris.
- Dupont G., Blondel N., Billat V. (1999) : "Relation entre distance limite de course pour des exercices intermittents brefs (15s) à allures supramaximales". VIII^e Congrès International de l'Association des chercheurs en activités physiques et sportives (ACAPS). Macolin : ACAPS, Suisse, 346-347.
- Dupouy Y. (2009) : "Etude comparée de quatre tests de terrain pour déterminer la Vitesse Aérobie Maximale (V.A.M.) : Leger et Boucher, Vameval, Tub2, test de Buchheit". Mémoire de Master2. Université de Bordeaux2.
- Edgerton VR, Essén B, Saltin S, Simpson DR. (1975) : "Glycogen depletion in specific types of human skeletal muscle fibers in intermittent and continuous exercise". In: Howald H, 187 Poortmans JR (Eds). Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Exercise. Birkhauser Verlag, Basel. 402-415.
- Eklom B. (1986): "Applied physiology of soccer". Sports Med., 3: 50-60.
- Essén B. (1978) : "Glucogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise". Acta Physiol Scand. 103: 446-455.
- Essén B, Hagenfeldt L, Kaijser L. (1977) : "Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man". J Physiol. ;265:489-506.
- Fox E. L. et Mathews D. K. (1984) : "Bases physiologiques de l'activité physique". Traduit et adapté par Péronnet F. aux Editions Vigot. Paris.
- Gacon G.(1992) : "La notion de dérive pulsative dans le suivi de l'entraînement". Revue AEFA n°127. Paris.
- Gaitanos GC., Williams C., Boobis LH., Brooks S. (1993) : "Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. J. Appl. Physiol. 75: 712-719.
- Laia FM., Rampinini E., Bangsbo J. (2009) : "High-intensity training". Int J., Sports Physiol. Perform. 4(3) : 291-306.
- Le Gall F. (2002) : "Tests et exercices en football suivi médical et physiologique". Editions Vigots. Paris.
- Léger L, Boucher R. (1980) : "An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track Test". Can J Appl Sports Sci. 5: 77-84.
- Leger L., Lambert J. (1982) : "A maximal multistage 20m shuttle run test to predict VO₂max". Eur. J. Appl. Physiol. 49: 1-12.

Mac Gregor SJ., Nicholas CW., Lakomy HKA., Williams C. (1999) : "The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill". J. Sports Sci. 17: 895-903.

Manno R. (1992) : "Les bases de l'entraînement sportif". Editions Revue EPS. Paris.

Martin D. (1979) : "Grundlagen der trainingslehre".Teil 1: Die inhaltliche Struktur des trainingsprozesses. K. Hofmann Verlag : Schorndorf.

Nabatnikowa M. (1974) : "Die spezielle ausdauer des Sportlers". Bartels und Wernitz, Berlin-München-Frankfurt.

Rampinini E., Impellizzeri FM., Castagna C., Abt G., Chamari K., Sassi A., Marcora SM., (2007) : "Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games". J. Sports Sci., 25(6): 659-666.

Reiss D., Prévost P. (2013) : "La bible de la préparation physique". Editions Amphora. Paris.

Thibault G. (1996) : "Effects of moderate intensity endurance and high intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max". Med. Sci. Sports Exerc. 28: 1327-1330.

Thompson D., Nicholas CW., Williams C. (1999) : "Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running". J. Sports Sci. 17: 387-395.

Verheijen R. (1998) : "La condition physique du footballeur". Editions Elisma. Pays-Bas.

Vrijens J. (1991) : "L'entraînement raisonné du sportif". Editions De Boeck. Bruxelles.

Weineck J. (1990) : "Manuel d'entraînement". Editions Vigot. Paris.

Zavorsky GS., Montgomery DL., Pearsall DJ. (1998) : "Effect of intense interval workouts on running economy using three recovery duration". Eur. J. Appl. Physiol. 77 : 224-230.

Zerzouri S. (2016) : "Validation d'un nouveau test intermittent-navette (T I-N 45/15)". <https://www.e-s-c.fr>.

Pour toutes autres informations veuillez contacter

ZERZOURI Said

Docteur en éducation physique de l'ULB ;

Conseiller pédagogique en éducation physique au ministère de l'enseignement francophone ;

Entraîneur fédéral d'athlétisme de Paris (Fond, demi-fond et marche) ;

Diplômé universitaire de préparation physique de Dijon ;

Diplômé UEFA (entraîneur des jeunes en football) de l'Union Belge de Football ;

Membre de l'association "groupement des entraîneurs francophones d'athlétisme" de Belgique ;

saidzerzouri@yahoo.fr

ABDELJALIL Yassine

Professeur agrégé en éducation physique ;

abdeljalily@gmail.com