

L'échauffement :

Gilles Cometti

Centre d'Expertise de la Performance DIJON

A) Les différents rôles de l'échauffement :

L'échauffement constitue une phase importante de préparation à la compétition. Il comporte différents aspects (psychologique, technique...) nous ne parlerons ici que des paramètres physiologiques (fig. 1).

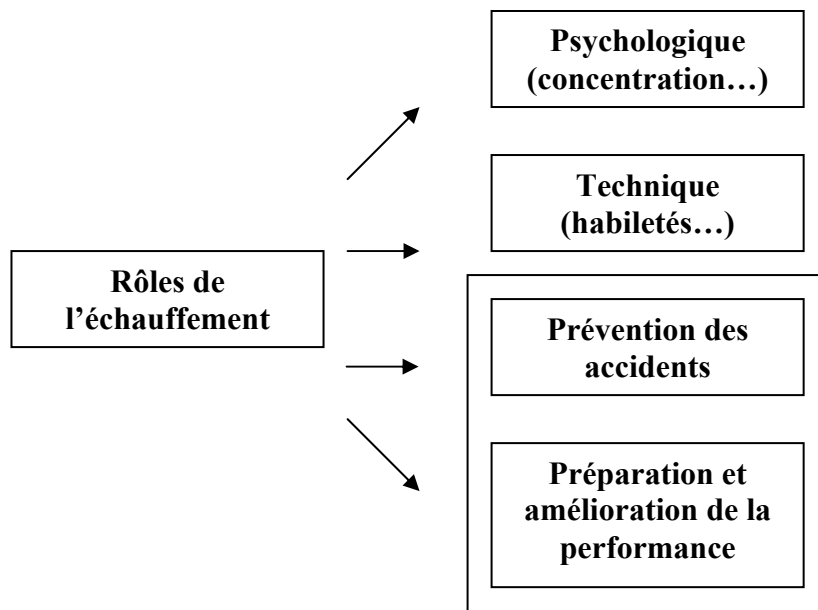


figure 1 : les différents rôles de l'échauffement. Seuls les 2 derniers aspects seront pris en compte dans cet article.

B) Les contraintes contradictoires de l'échauffement :

L'échauffement doit élever la température du corps (aux 2 niveaux envisagés) pour cela il nécessite une dépense d'énergie qui peut porter préjudice à la compétition qui va suivre. Il est donc important de garder à l'esprit ce principe « ne pas faire trop d'efforts intenses pendant l'échauffement ».

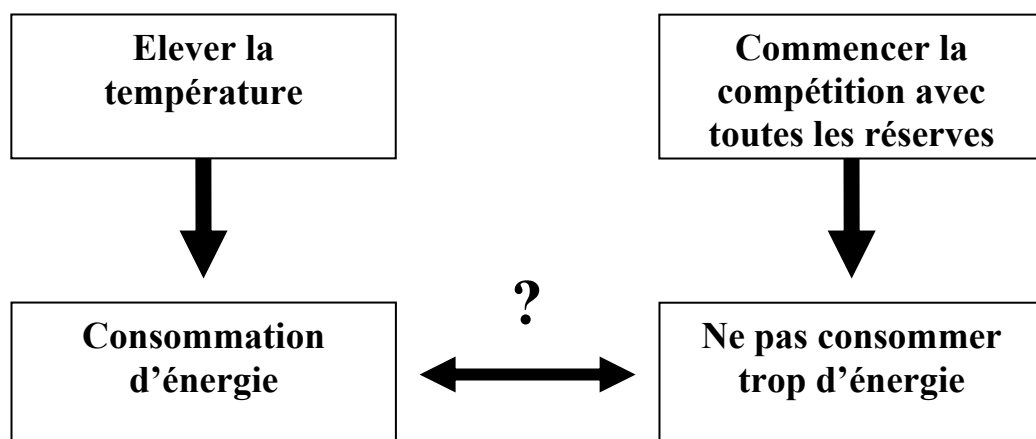


figure 2 : les contraintes contradictoires de l'échauffement.

C) L'échauffement et les 2 niveaux d'élévation de la température :

Comme le terme l'indique l'échauffement a pour rôle d'augmenter la température et ceci à deux niveaux :

- *au niveau musculaire* : pendant longtemps on a pris en compte uniquement l'aspect central de l'augmentation de température au cours de l'échauffement. Mastérovoï (auteur russe) en 1966 a été un des premiers à insister sur l'importance de la température musculaire. Le but de la mise en action est d'augmenter la vascularisation des groupes musculaires concernés.
- *au niveau central* : pour Joch et Uckert (2001) une augmentation de la température corporelle de 2° permet une plus grande efficacité des réactions chimiques de l'organisme. Cette élévation s'obtient avec un enchaînement d'exercices dont l'intensité augmente progressivement (et non pas avec des efforts peu intenses qui durent)

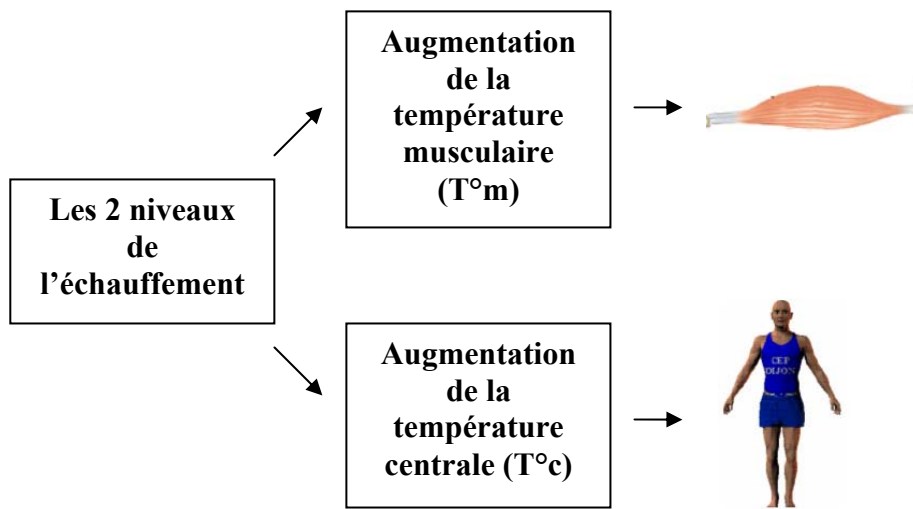


figure 3 : les 2 niveaux de l'augmentation de température à l'échauffement.

Bishop (2003a) montre l'évolution de la température musculaire et de la température centrale à la suite d'un exercice. On constate (fig.4) que l'évolution de la $T^{\circ}m$ est relativement rapide (3 à 5 mn suffisent), c'est elle qui joue le rôle le plus important dans la performance sportive. La $T^{\circ}c$ augmente quand la $T^{\circ}m$ la dépasse.

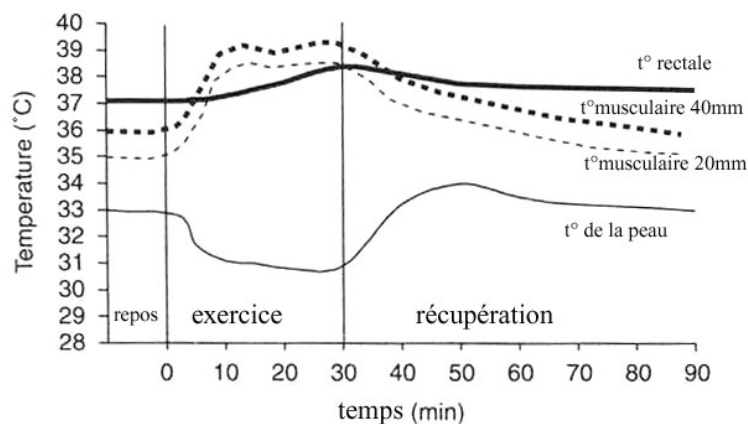


figure 4 : évolution de la température rectale (trait noir supérieur), de la température musculaire (mesurée à 2 profondeurs différentes 40 et 20 mm, lignes en pointillés) et de la température de la peau au cours du repos, de l'exercice et de la récupération. (d'après Bishop 2003a)

La température musculaire augmente généralement d'environ 3° : Mohr et coll. (2004) obtiennent une élévation de 36 à 39,4° de la T°m du quadriceps pour des joueurs de football à la suite d'un échauffement, cette T°m peut atteindre 40,6° à la fin d'un test d'endurance (Yo-yo test) d'après Krstrup et coll. (2003). Au cours d'un exercice d'extension du genou à haute intensité de 3 mn, Krstrup et coll. (2001) obtiennent déjà une augmentation de 37,02° à 37,99°.

La température centrale peut être élevée de 2 degrés selon (Joch et Uckert 2001) grâce à un effort progressif de 20 mn sur ergocycle.

Les conditions d'un bon échauffement « musculaire » :

Comment élever la T°m ?

Selon Masterovoï (1964) la température musculaire dépend de la vascularisation, il faut donc augmenter la circulation dans le muscle pour faire monter la température. Masterovoï constate que seules des contractions avec un minimum d'amplitude et d'intensité sont en mesure de faire jouer au muscle le rôle de pompe par une contraction qui chasse le sang et un relâchement marqué. Cela s'obtient lorsqu'on effectue des contractions localisées sur des mouvements analytiques avec une résistance minimale (20 à 50 %). L'étude russe montre par ailleurs que certaines situations classiques utilisées à l'échauffement ne jouent pas réellement ce rôle.

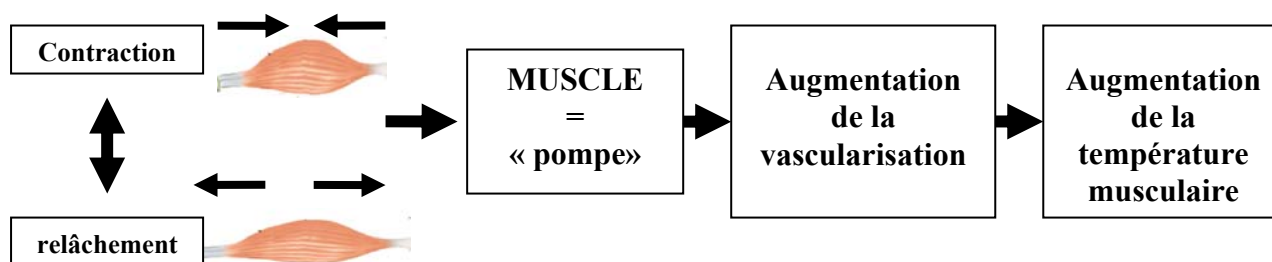


figure 5 : la logique de l'élévation de la T°m de Masterovoï.

Les exercices qui posent problème :

Dans le **footing très lent** tel qu'il est généralement effectué par les joueurs de sports collectifs en début de séance, les contractions des groupes musculaires des jambes (quadriceps, triceps et ischio-jambiers) ne sont pas effectuées de façon idéale pour une bonne circulation. Les quadriceps et les triceps effectuent des actions quasi-isométriques avec très peu de raccourcissement. Les ischio-jambiers ne sont pratiquement pas sollicités. En effet la faiblesse de l'amplitude de la foulée dans le footing lent supprime la phase frénatrice de blocage de la cuisse et de la jambe en avant qui constitue l'activité majeure des ischio-jambiers. Dans son étude Masterovoï constate que l'élévation de la température des muscles des jambes après le footing est faible (de 0,2 à 1,6°) il observe même chez certains athlètes aucune augmentation pour les ischio-jambiers et même parfois une baisse de T°m. Il ne faut donc pas commencer par le footing. **Les mouvements rapides** sont également peu efficaces pour bien vasculariser. Si on prend l'exemple des montées de genoux rapides sur place qui font partie des classiques en football par exemple, ces mouvements sont appelés « balistiques » la contraction est en fait très brève et violente et ne permet pas un effet circulatoire. Masterovoï prétend même que ce type d'action

déclanche des réflexes vasoconstricteurs. La même chose se produit pour **les accélérations intenses**.

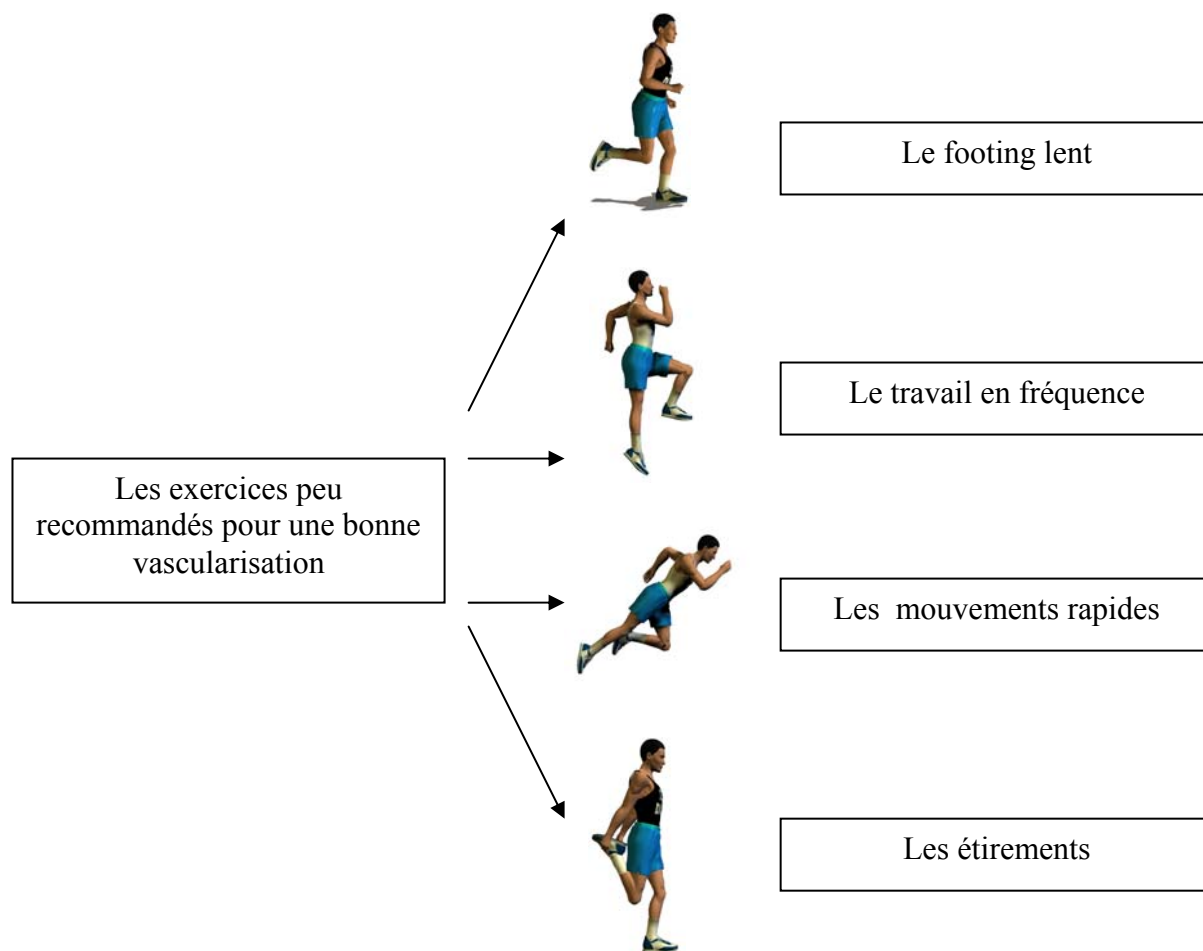


figure 6: les situations qui ne sont pas favorables à une bonne vascularisation musculaires.
(d'après Masterovoï 1964)

Pou les étirements comme nous l'avons déjà envisagé dans d'autres publications, Alter (1996) «Science of flexibility », démontre que les étirements provoquent dans le muscle des tensions isométriques élevées qui entraînent une interruption de l'irrigation sanguine, ce qui va à l'inverse de l'effet « vascularisateur » recherché. Certes si on introduit une alternance avec des contractions les périodes de relâchement intermédiaires permettent le passage du sang, mais là encore choisir la contraction isométrique ne semble pas le meilleur moyen pour simuler une pompe. Wiemann et Klee (2000) insistent sur l'inefficacité du stretching sur l'échauffement musculaire. Masterovoï indique même que les étirements sont en mesure d'élever la $T^{\circ}m$ de $0,4^{\circ}$, ce qui est très faible pour une technique à qui on prête une vertu d'échauffement..

Quand on analyse les exercices classiques effectués à l'échauffement (footing lent, montées de genoux en fréquence, accélérations, étirements) avec le regard de Masterovoï on constate certaines contradictions.

Ainsi le **footing lent** par lequel on commence généralement l'échauffement est problématique.

Que faire alors ? La solution : « l'échauffement russe »

Masterovoï (1964) à la suite de la critique et du constat d'inefficacité de l'échauffement classique propose un protocole qui porte aujourd'hui le nom « d'échauffement russe ». Il fallait trouver une procédure qui améliore la vascularisation. Il s'agissait d'effectuer des exercices de force suivis d'étirements. On passe alors en revue la musculature des jambes. Chaque situation est répétée une à deux séries de 10 répétitions. Aujourd'hui avec les connaissances nouvelles sur les effets négatifs des étirements (qui n'étaient pas connus à l'époque de Masterovoï) on supprime les étirements des extenseurs et on les minimise pour les fléchisseurs des jambes.

D) l'échauffement en sports collectifs :

Les effets physiologiques de l'échauffement sont les suivants ; diminution de la raideur musculaire, augmentation de conduction nerveuse augmentation de la dégradation des phosphates à haute énergie (ATP, PC), modification de la courbe vitesse-force, (potentiation) Dans une très belle étude Mohr et coll. (2004) ont montré l'évolution de la $T^{\circ}m$ du quadriceps au cours des différentes phases d'un match de football. (fig.7)

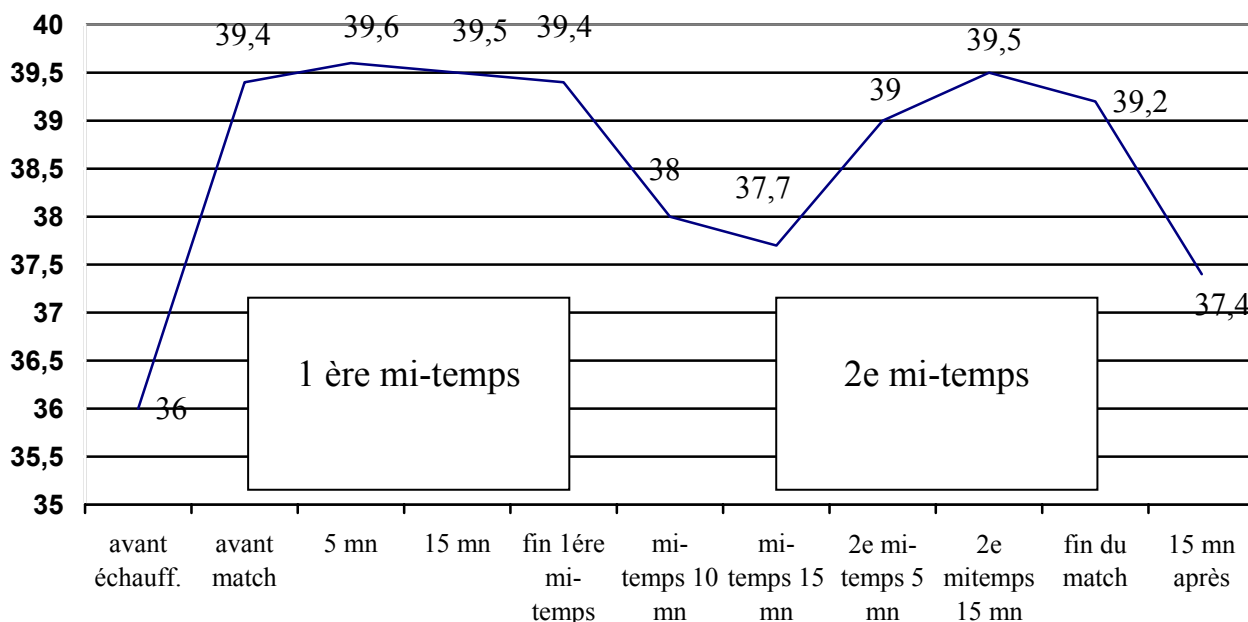


Figure 7 : évolution de la $T^{\circ}m$ du quadriceps au cours d'un match de football pour des joueurs professionnels (d'après les données de Mohr et coll. 2004)

L'échauffement permet une élévation de $3,4^{\circ}$ de la $T^{\circ}m$ du quadriceps et l'élévation de la température est corrélée avec le temps sur 30 m. il est donc important de veiller à une élévation de $T^{\circ}m$ des muscles des jambes.

Le problème de la mi-temps

Mohr et coll. (2004) constatent que pendant la mi-temps d'un match de football la température baisse pratiquement de 2° . (fig.7). mais surtout ils observent que cette diminution entraîne une augmentation du temps sur 30 m (fig.27) d'un dixième de seconde. (4,57 s à 4,65). Au bout de 5 mn de jeu en 2^e mi-temps la température est toujours inférieure à celle de la première mi-temps, au bout de 15 mn elle atteint le niveau de la première mi-temps. Mohr propose donc un échauffement à la mi-temps pour un

groupe expérimental (fig 8) il constate que la $T^{\circ}m$ est ainsi supérieure de $1,5^{\circ}$ par rapport au groupe contrôle. La performance sur 30 m à la reprise de la 2^e mi-temps ne subit alors aucune baisse (le temps sur 30 m n'augmente pas).

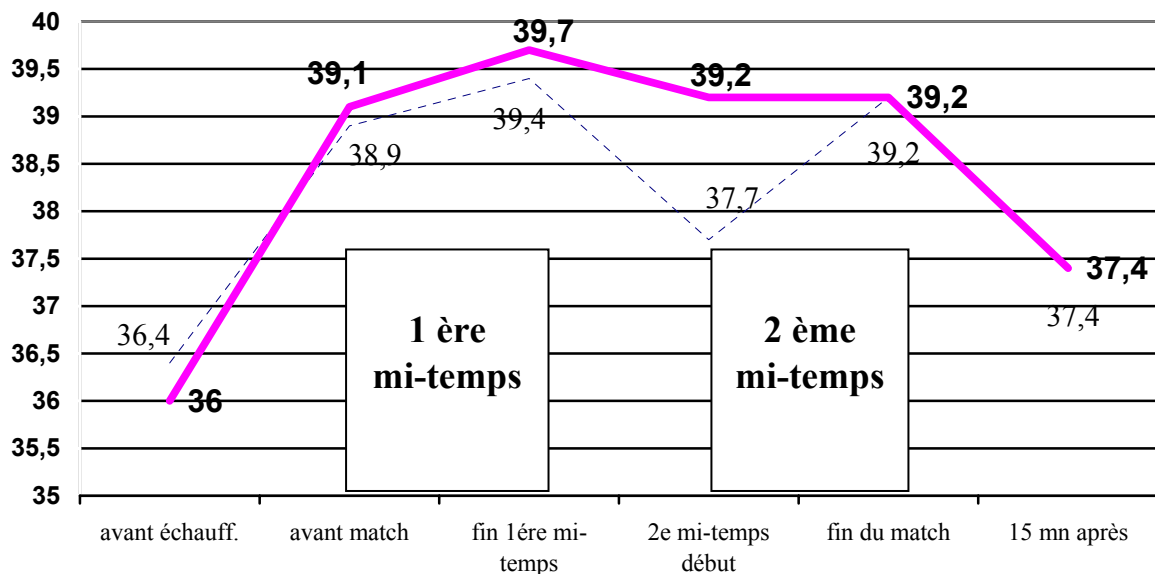


figure 8 : évolution de la $T^{\circ}m$ du quadriceps au cours d'un match de football pour des joueurs professionnels pour le groupe avec échauffement à la mi-temps (trait plein) comparé au groupe témoin sans échauffement (ligne pointillée) (d'après Mohr et coll. 2004)

On tire de cette étude des conclusions très concrètes :

- il est important d'introduire un échauffement à la mi-temps
- nous ajoutons que l'échauffement « passif » est à utiliser également en surchauffant le vestiaire afin de freiner la baisse de la $T^{\circ}m$

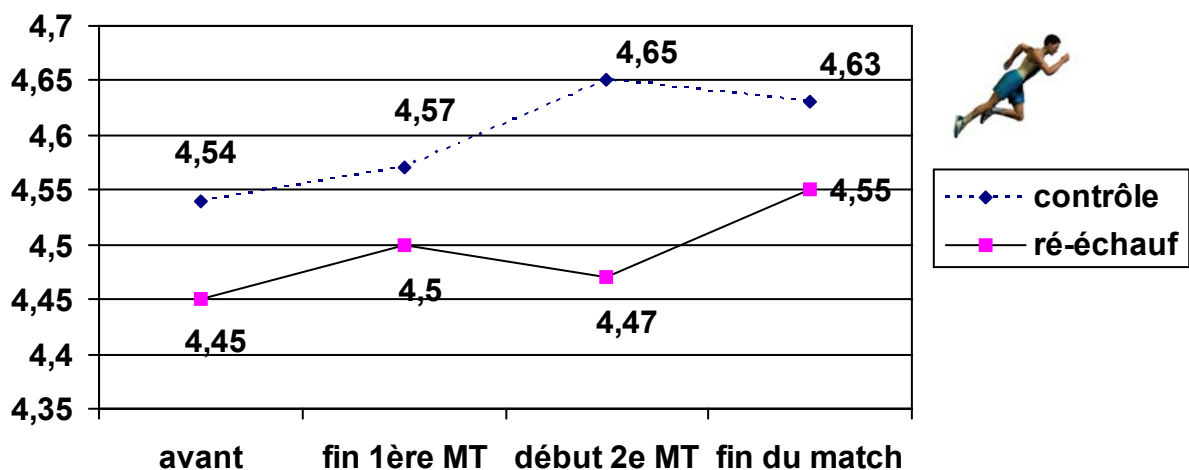


figure 9 : évolution de la performance sur 30 m au cours d'un match de football pour des joueurs professionnels. Le groupe avec échauffement à la mi-temps (trait plein) comparé au groupe témoin sans échauffement (ligne pointillée) (d'après les données de Mohr et coll. 2004). On observe une augmentation très nette du temps à la suite du repos de la mi-temps (donc une baisse de performance) pour le groupe témoin. Le groupe qui pratique un ré-échauffement voit sa performance s'améliorer.

- nous pensons même que la solution idéale consiste à ne pas laisser la $T^{\circ}m$ diminuer, pour cela nous conseillons, une activation musculaire minimale toutes les 3 ou 4 mn en puisant dans les exercices de l'échauffement russe. Nous sommes conscient de la

difficulté d'application de cette procédure à cause des habitudes et des traditions déjà en place dans les sport collectifs

- l'électrostimulation avec programmes de capillarisation ou récupération sera certainement mieux acceptée dans le milieu professionnel, l'entraîneur pourra garder sa stratégie à la mi-temps et les joueurs pourront maintenir leur température musculaire (ou au moins en diminuer la baisse) tout en étant attentif aux consignes du coach.

E) le contenu de l'échauffement : proposition concrète, les 5 étapes de l'échauffement.

A partir des données théoriques précédentes nous proposons une structure pour l'échauffement qui comporte 2 grandes phases :

- une phase centrée sur la $T^{\circ}m$ avec des mouvements « analytiques », largement inspirée de l'échauffement russe.
- une phase destinée à élever la $T^{\circ}c$ avec des situations « globales » empruntées à la discipline sportive (situations de football)

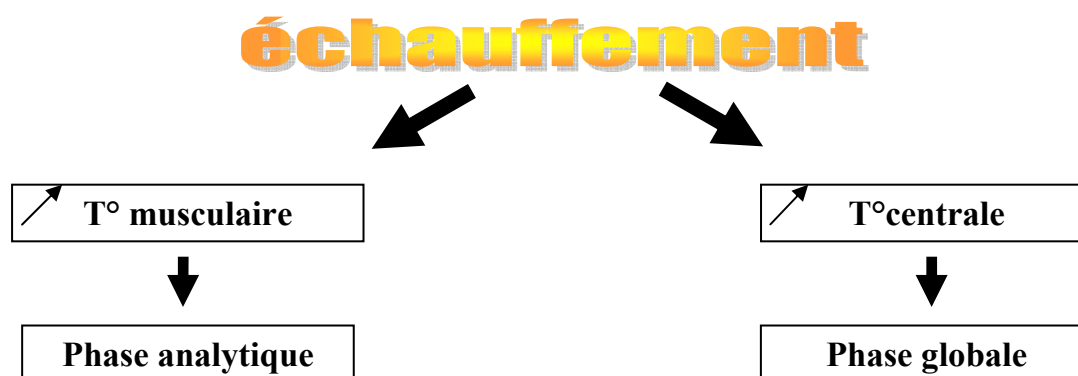


Figure 10 : les 2 phases de l'échauffement.

A) la phase analytique :

Nous la divisons en 3 étapes :

- une première étape analytique de vascularisation avec des exercices réalisés en concentrique
- une deuxième étape toujours analytique avec des sollicitations musculaires spécifiques aux efforts de compétition qui vont suivre : les ischio-jambiers se travaillent par exemple en excentrique pour quelqu'un qui doit courir.
- Une troisième étape d'exploration de l'amplitude articulaire avec des mouvements lancés proches des exigences de la compétition : le footballeur effectue des lancés de jambes vers le haut pour se préparer aux actions qui l'attendent pendant le match. Les circumductions de la hanche (souvent appelées « danse brésilienne ») en augmentant progressivement l'amplitude constituent un autre exemple intéressant.

Pour les membres supérieurs les lancers de bras (latéraux ou verticaux et en cercle) jouent le même rôle.

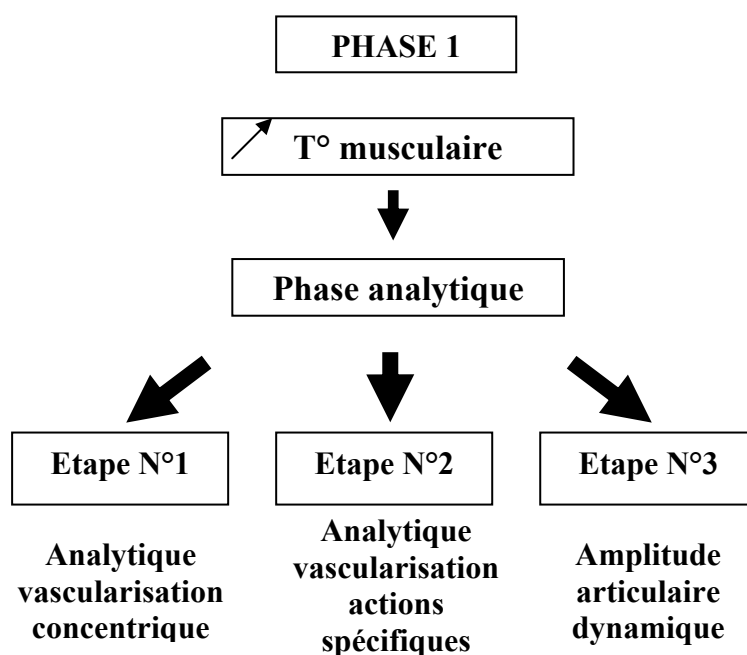


Figure 11: les 3 étapes de la première phase.

A.1) Etape N°1 de vascularisation en concentrique.

Cette étape est inspirée directement de Masterovoï (1964)

Le protocole de Masterovoï : on passe en revue les différents groupes musculaires pour les solliciter en concentrique, contre résistance avec relâchement entre chaque contraction pour bien faire jouer au muscle son rôle de pompe afin d'augmenter la vascularisation.

Voici un exemple pour l'échauffement des jambes

Pour le quadriceps :

- musculation : extension sur une jambe (photo 1)

Pour le triceps :

- musculation : extension de la cheville sur une jambe (photo 2)

Pour les ischio-jambiers :

Ce sont les muscles les plus importants dans cet échauffement. Ils comportent 2 situations principales.

- Ischios 1 (photo 3) : musculation analytique (articulation du genou) en concentrique : le partenaire freine l'action du joueur en imprimant une résistance faible.

- Ischios 2 (photo 4) : musculation analytique (articulation de la hanche) en concentrique

Pour le psoas-iliaque :

- musculation en concentrique (photo 6)

En sports collectifs on peut également ajouter les adducteurs.

- musculation en concentrique (2 jambes) (photo 7)



Photo1 : **Quadriceps** : extension sur une jambe



Photo2 : **Triceps** : extension de la cheville



Photo 3 : **Ischio 1** : concentrique



Photo 4 : **Ischio 2** : concentrique



Photo 6 : **Psoas** : concentrique



Photo 7 : **Adducteurs** : concentrique

A.2) Etape N°2 de vascularisation avec sollicitation musculaire spécifique :

Tout en continuant de faire « pomper » le muscle, on le prépare aux modes de contraction qui l'attendent dans la compétition qui suit. L'exemple le plus simple est celui des ischio-jambiers pour les sports qui comportent de la course. En effet ces muscles interviennent en excentrique pour freiner violemment la cuisse et la jambe dans la phase avant de la foulée. Il faut donc préparer les muscles à ce fonctionnement par des actions excentriques.

- Ischios 1 (photo 8) : musculation analytique en excentrique,
 - Ischios 2 (photo 9) : musculation analytique (articulation de la hanche) en excentrique,
- Pour ces exercices c'est l'aide qui est actif alors que le joueur se contente de freiner le mouvement. La résistance ne dépasse pas 50 % de la force maximale.

On y ajoute des mouvements « lancés-bloqués » (photo 10) pour se rapprocher encore plus des modalités de la course : le joueur lance la jambe et la bloque avant de toucher la main du partenaire, on reproduit ainsi l'action des ischios au moment de la phase avant de la foulée.

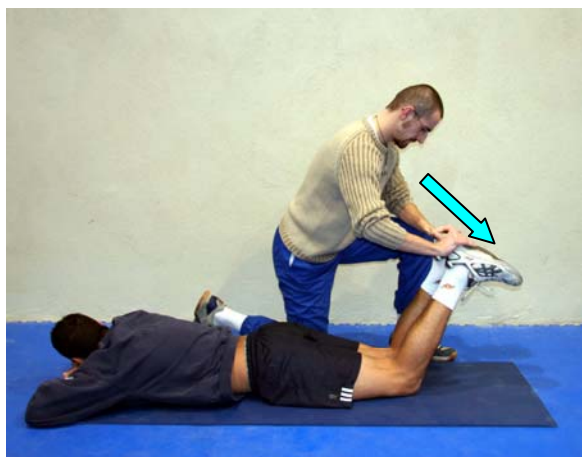


Photo 8 : **Ischio 1** : travail en excentrique, l'aide exerce un mouvement dans le sens de la flèche, le joueur freine le mouvement, le retour de la jambe (flexion) se fait sans résistance

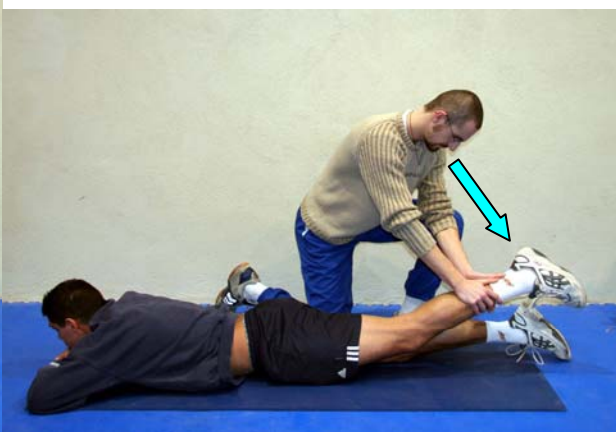


Photo 9 : **Ischio 2** : travail en excentrique, l'aide exerce un mouvement dans le sens de la flèche, le joueur freine le mouvement, le retour de la jambe vers le haut se fait sans résistance



Photo 10 : Lancers de jambe et blocage excentrique (le joueur lance sa cuisse vers le haut et la bloque avant de toucher la main du partenaire)

A.3) Etape N°3 exploration de l'amplitude articulaire :

Une fois la température musculaire augmentée on commence à se préoccuper de la compétition qui va suivre en préparant les articulations et les muscles aux sollicitations qui les attendent. On va donc effectuer des mouvements de plus en plus grands qui vont être dynamiques et concerner le haut et le bas du corps :

- pour les jambes on pourra demander des circumductions (cercles) de la hanche en augmentant progressivement l'amplitude (genou) fléchis, ce que les footballeurs nomment « danse brésilienne » (car généralement effectuée en rythme)
- pour les bras : des lancers de bras latéraux ou verticaux (fig.12)

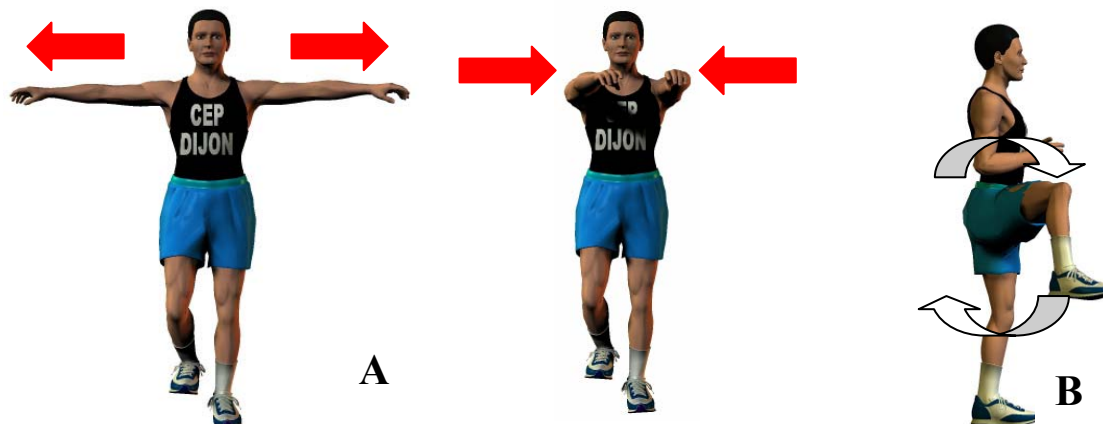


Figure 12: exploration articulaire des bras (A) et des jambes (B) (danse brésilienne)

B) la phase globale :

Après avoir réaliser l'élévation de la température musculaire on s'occupe maintenant de la température centrale. Les exercices proposés concernent tout le corps et justifient le terme de « global ».

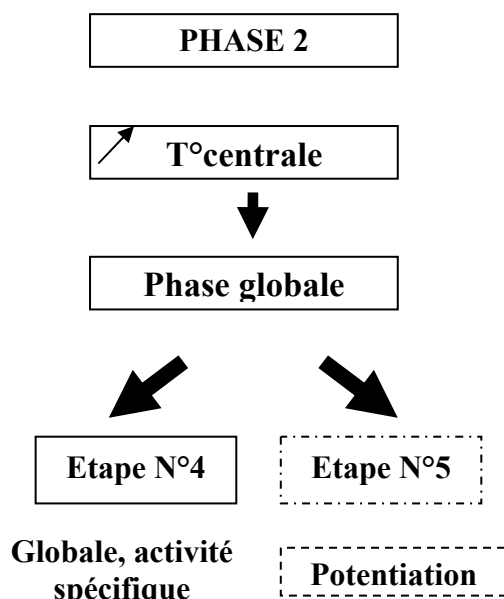


Figure 13 : la deuxième phase : une étape globale dans l'activité, une étape facultative de potentiatiion (voir texte pour l'explication)

B.1) Etape N°4 phase globale avec exercices spécifiques du sport :

Les situations proposées font appel aux fondamentaux de la discipline sportive : les footballeurs alternent des frappes, des séquences de jeu réduit... Le principe général à respecter est d'augmenter progressivement l'intensité pour arriver à un niveau proche des sollicitations maximales de la compétition. Souvent en sport collectif cette phase est trop longue il faut la limiter à dix minutes sous peine de consommer trop d'énergie et ainsi de nuire à la fin de la compétition.



Figure 14 : l'étape N°4 globale dans l'activité, le sprinter va réviser ses gammes avec par exemple quelques skippings des départs, les joueurs alternent frappe de balle, gestes techniques spécifiques et jeu réduit.

B.2) Etape N°5 facultative de « potentiation » :

Dans sa version originale cette étape consiste à effectuer des actions de musculation intense et courte à la fin de l'échauffement. Par exemple on demande 3 contractions isométriques de 4 secondes à 90% du maximum sur une presse à jambe avec une minute entre chaque et ceci 5 à 15 minutes avant l'épreuve. Les résultats de Gullich et Schmitbleicher (1996) que nous allons montrer ont été obtenus dans ces conditions. Le deuxième exemple consiste à effectuer des demi-squats à 70-90% avec des athlètes qui s'entraînent déjà en musculation 2 à 4 séries de 1 à 3 répétitions. Cette dernière modalité ne fonctionne que pour des athlètes qui sont habitués au travail de force. Dans les sports collectifs on considère également que quelques sprints courts (3 à 6 fois 20 m environ) en fin d'échauffement jouent le même rôle. C'est fréquemment ce qui est fait à juste titre en football ; mais souvent en trop grande quantité.

Le principe de cette phase repose sur le fait que cette procédure est en mesure d'augmenter l'efficacité musculaire du sujet en début de compétition : on améliore ainsi son « potentiel ». En sports collectifs elle permet d'aborder le début du match avec une explosivité maximale, mais elle peut présenter l'inconvénient de « griller » un peu trop d'énergie, ce qui peut se payer en fin de match. C'est pour cela que nous pouvons considérer cette phase comme un pari tactique pour rentrer très vite dans le match. Nous pensons néanmoins qu'elle est extrêmement intéressante et nous la recommandons vivement.

Gullich et Schmidtbleicher (1996) sur le protocole de musculation isométrique à la presse montre l'amélioration de la performance. Pour cela il mesure l'évolution de la force explosive du triceps. Les courbes obtenues montrent clairement (fig et) l'efficacité de la méthode. La potentiation serait due à l'amélioration de l'excitabilité des motoneurons.

L'électrostimulation constitue une troisième alternative de potentiation à condition d'être appliquée avec compétence.

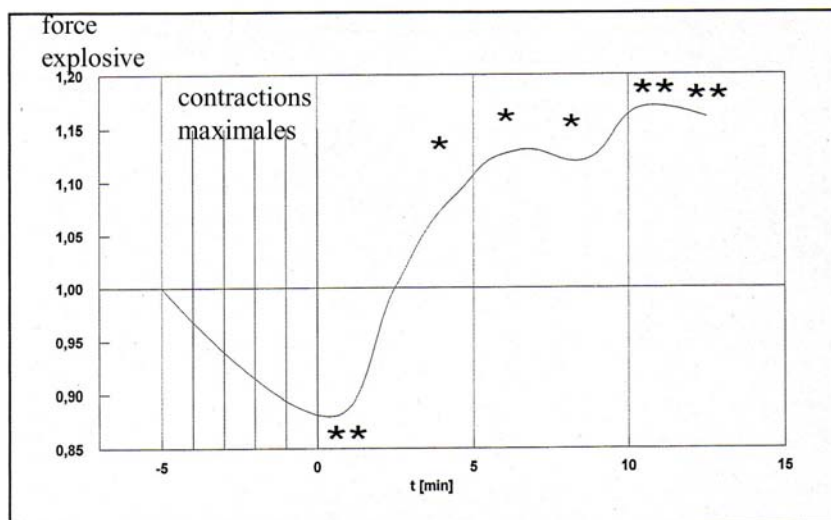


figure 15 : évolution de la force explosive du triceps mesurée sur une plate-forme à la presse par calcul de la montée en force. (Gullich et Schmidtbleicher 1996)

Potentiation et niveau de pratique :

La figure montre l'efficacité de la potentiation pour des athlètes de haut niveau et des sédentaires. On constate que ce phénomène n'est envisageable que pour des sportifs entraînés. Il s'agit d'une règle importante à respecter dans l'utilisation de la musculation en fin d'échauffement

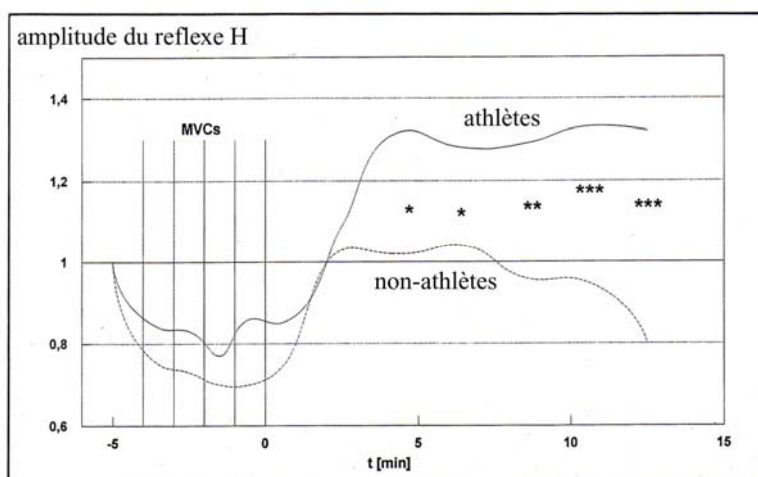


figure 16 : évolution de l'excitabilité des motoneurones à la suite de 5 contractions isométriques de 5 s (90%) chez des athlètes de haut niveau et des sédentaires. L'effet n'est présent que pour les athlètes entraînés. (Gullich et Schmidtbleicher 1996)

En résumé, tableau synthétique des différentes étapes de l'échauffement :

Nous pouvons illustrer sur la figure les 5 étapes que nous proposons pour l'échauffement. Les deux premières séquences sont à réaliser dans les vestiaires. Les durées indiquées ne sont que des repères, quand le haut du corps est sollicité le temps peut être augmenté, mais il faut toujours avoir à l'esprit la volonté de ne pas dépenser trop d'énergie. La durée totale tourne autour de 30 à 40 mn.

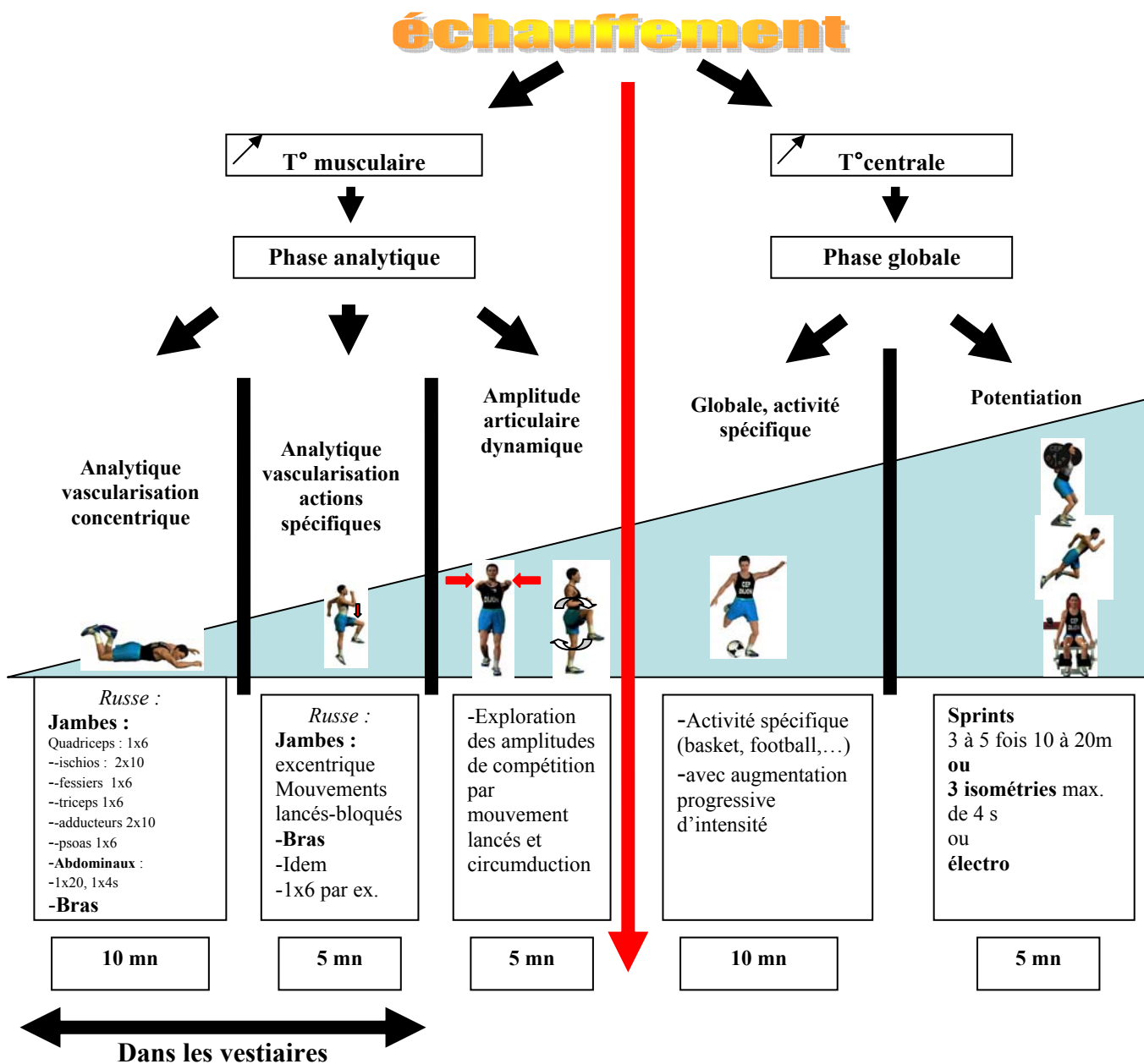


Figure 17 : tableau synthétique des différentes étapes de l'échauffement. Le début s'effectue dans le vestiaire. Les durées ne sont qu'indicatives. Illustration en sport collectif.

Bibliographie :

- Bishop D., Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. Review. Sports Med. 2003a;33(6):439-54. Review.
- Bishop D., Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. Sports Med. 2003b;33(7):483-98.
- Dawson B, Goodman C, Lawrence S, Preen D, Polglaze T, Fitzsimons M, Fournier P. Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. Scand J Med Sci Sports. 1997 Aug;7(4):206-13.
- Gullich, A., and D. Schmidtbleicher. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. New Studies in Athletes, 4, 67-81, 1996.
- Harris RC, Edwards RH, Hultman E, Nordesjo LO, Nyland B, Sahlin K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. Pflugers Arch. 1976 Dec 28;367(2):137-42.
- Joch W., Uckert S, Aufwärm-effekte : kriterien für ein wirkungsvolles aufwärmen im sport Leistungssport ALLEMAGNE 2001, t 31, n 3, pp 15-19, 5p, ill, 30 réf
- Joch W., Uckert S, Il riscaldamento ed i suoi effetti Scuola dello sport ITALIE 2001, t 20, n 51, pp. 49-54, pp. 49-54
- Krustrup P, Gonzalez-Alonso J, Quistorff B, Bangsbo J. Muscle heat production and anaerobic energy turnover during repeated intense dynamic exercise in humans. J Physiol. 2001 Nov 1;536(Pt 3):947-56.
- Krustrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, Pedersen PK, Bangsbo J. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. Med Sci Sports Exerc. 2003 Apr;35(4):697-705.
- Masterovoi L., "la mise en train : son action contre les accidents musculaires", Liëgkaya Atletica (URSS), n°9, septembre 1964, traduction française, document INS n° 560, traducteur M. Spivak. (disponible à l'insep)
- Mohr M., P. Krustrup, L. Nybo, J. J. Nielsen, J. Bangsbo, Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - beneficial effect of re-warm-up at half-time, Scand J Med Sci Sports. 2004 Jun;14(3):156-62.
- Sale DG. Postactivation potentiation: role in human performance. Exerc Sport Sci Rev. 2002 Jul;30(3):138-43. Review.