

# L'ÉCHAUFFEMENT : UNE NOUVELLE APPROCHE

## Analyse (physiologique et biomécanique) et conseils de terrain pour une organisation optimale de l'échauffement.

Pascal Prévost

- Formateur de cadres (monitorat et BEESAG), Fédération Française de Gymnastique
- Enseignant - STAPS de l'Université Paris XII-Val de Marne, Créteil (94)
- Docteur en Physiologie et Biomécanique de la Performance Motrice au Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action, Collège de France – CNRS, Paris (75)

### Résumé :

A partir d'observations recueillies au cours d'entraînements et de formation d'entraîneurs de tous niveaux, on peut conclure que l'importance de l'échauffement est admise par la plupart des entraîneurs (débutants ou confirmés).

Néanmoins, en se basant sur une **analyse physiologique et biomécanique** (publications scientifiques et mesures effectuées sur le terrain), il est possible de montrer que cette phase initiale d'une séance d'entraînement est loin d'être maîtrisée par le plus grand nombre. L'objectif de cet article est de proposer une relecture tant des **effets et objectifs** visés par l'échauffement que de l'**organisation** qui doit prévaloir pour que celui-ci soit efficace et remplisse (enfin ?) les rôles qu'on lui attribue (Article publié initialement dans Gym'Technic, n°35, avril-juin 2001. Dernière mise à jour : 02/02/2003).

## Introduction

Observons le déroulement de l'échauffement tel qu'on le voit souvent dans les gymnases (avec ou sans intervention de l'entraîneur). D'abord, les gymnastes commencent par des exercices que nous qualifierons de "dynamiques" (qui mobilisent tout le corps ; course, sauts sur un pied, sur deux pieds, etc.), suivis d'exercices moins intenses ou "pseudo-dynamiques" (qui ne mobilisent qu'une partie du corps ; ATR, tours divers avec ou sans saut, mouvements des bras – chorégraphiques ou non, cercles de bras –, mobilisation des chevilles, des poignets, etc.) ; puis des étirements voire des assouplissements, donc des exercices plutôt "statiques" (où le corps est immobilisé dans un posture donnée). Mis à part quelques variantes, l'échauffement ressemble plus ou moins à cette succession d'exercices.

Cet ordre répond-il à la logique interne de l'échauffement visant à préparer l'organisme aux sollicitations et contraintes qui vont suivre dans la séance ?

Telle est la question que nous nous sommes posés... et, à notre avis, la réponse est non.

Les sciences biologiques vont nous donner un nouvel éclairage sur l'échauffement et ses objectifs et nous permettre de comprendre le "pourquoi". Ensuite, en faisant appel au bon sens, nous pourrions utiliser aux mieux ces connaissances scientifiques et les appliquer sur le terrain. Ceci nous permettra de répondre à la question "comment" organiser correctement un échauffement c'est-à-dire programmer une "vraie" préparation optimale à la séance qui va suivre.

## Effets de l'échauffement

### □ *Effets cardiovasculaire et respiratoire*

Les effets de l'échauffement auxquels on pense en premier se manifestent au niveau du *système cardiovasculaire* et du *système respiratoire*. Les fréquences cardiaque et respiratoire augmentent en même temps que les débits correspondant<sup>1</sup>. Les échanges tant au niveau de l'alvéole pulmonaire que du capillaire sont augmentés. Ainsi, les muscles sont mieux approvisionnés en oxygène et/ou en substrats<sup>2</sup> énergétiques : on dit que la *perfusion musculaire* augmente. Cette perfusion est également facilitée par le phénomène de vasodilatation (augmentation du diamètre des vaisseaux sanguins et donc amélioration de l'écoulement du flux sanguin) au niveau musculaire. Tous ces processus participent à une *redistribution de la masse sanguine vers les zones les plus actives*.

### □ *Effets thermique et calorifique*

Mais, ce ne sont pas les seuls effets ! Étymologiquement, le mot "échauffement" est issu de la même racine latine que "chauffer" (*calefacere*). L'effet principal de l'échauffement va donc être d'élever la température corporelle. Et c'est effectivement ce qui se produit lorsque l'on mobilise notre masse musculaire. Pourquoi ? Notre corps utilise l'énergie chimique contenue dans les aliments qu'il ingère pour réaliser tout type de travail,

<sup>1</sup> Une fréquence est un nombre de cycles (ou battements) par minute. Un débit est une quantité exprimée par rapport au temps (litre/minute par exemple).

<sup>2</sup> Un substrat énergétique est une molécule ou un groupe de molécules qui va être dégradé par l'action spécifique de substances chimiques, les enzymes, pour alimenter la machinerie organique en énergie.

musculaire par exemple. Cette transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique se fait avec un certain rendement. Or, le rendement mécanique du muscle est loin d'être parfait : pour chaque quantité d'énergie utilisée, **seuls 20-25% sont utilisés pour produire un travail musculaire, le reste (quelques 75-80% !!) est libéré sous forme de chaleur**. Celle-ci est une forme d'énergie qui ne peut être réutilisée : c'est donc de l'énergie perdue, gaspillée<sup>3</sup>. Néanmoins, une partie de cette chaleur va contribuer à augmenter la température interne du corps.

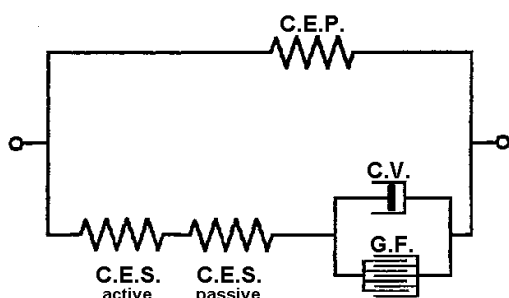
Il existe une relation de proportionnalité entre la quantité d'énergie utilisée, la quantité de chaleur perdue et la masse musculaire mise en jeu : **plus la masse musculaire mobilisée est importante, plus la quantité de chaleur produite lors de l'exercice physique est élevée**.

C'est la raison pour laquelle l'élévation de la température du corps se fait plus rapidement à l'aide d'exercices basés sur des courses et des sauts ; ces exercices mobilisent principalement les masses musculaires des membres inférieurs qui représentent, à elles seules, environ la moitié de la masse musculaire totale.

### □ *Quels bénéfices les muscles tirent-ils de cette hausse de température ?*

#### ⇒ **Au niveau du métabolisme énergétique**

Tout d'abord, les réactions chimiques responsables de la production d'énergie sont accélérées. Elles sont capables de produire plus d'énergie par unité de temps. Ceci est possible grâce à l'action bénéfique de la température sur les agents chimiques qui contrôlent ces réactions, les enzymes. Ces protéines, d'un genre spécial, sont très sensibles aux conditions de température et d'acidité du milieu dans lequel elles évoluent. On estime qu'à une augmentation de 1°C correspond une augmentation de 13% des processus métaboliques. Néanmoins, une trop forte hausse de température peut avoir l'effet inverse. Ces enzymes fonctionnent donc avec un maximum d'efficacité dans une certaine plage de température (généralement 38.5-39°C).



**Figure 1 : Modèle à trois composantes.** Ce modèle est utilisé comme un outil permettant de rendre compte du comportement du muscle lors des diverses sollicitations qui lui sont imposées. Les trois composantes sont détaillées dans le texte (d'après Mashima et Kushima, 1971 et Shorten, 1987).

#### ⇒ **Au niveau des composantes du muscle**

Pour expliquer le comportement du muscle dans diverses circonstances, d'un point de vue physiologique et

biomécanique, on a modélisé le sarcomère<sup>4</sup> à l'aide de trois composantes (Figure 1)<sup>5</sup> :

- **composante contractile (CC)** composée d'un *générateur de force* (GF, siégeant au niveau des *ponts actine-myosine*)<sup>6</sup> et d'une *composante visqueuse* (CV) qui permet de prendre en compte le fait que le muscle n'est pas un élastique parfait ;
- **composante élastique série (CES)** correspondant à un ressort non amorti permettant d'expliquer le fait que l'on enregistre une chute brutale de tension lorsqu'il est activé dans des conditions isométriques, le muscle subit un raccourcissement rapide (fraction active : flexibilité de *ponts d'union myosine-actine*, fraction passive : tissu conjonctif présent dans le *tendon*) ;
- **composante élastique parallèle (CEP)** : comprenant a) le tissu conjonctif enveloppant les différentes *enveloppes musculaires* (sarcolemme, endomysium, périmysium, épimysium), b) le *squelette cellulaire* de la fibre musculaire (connectine, desmine, filaments intermédiaires, etc.), c) des *protéines contractiles* (myosine et actine) si le muscle est inactivé (Figure 2).

### Constituants du sarcomère

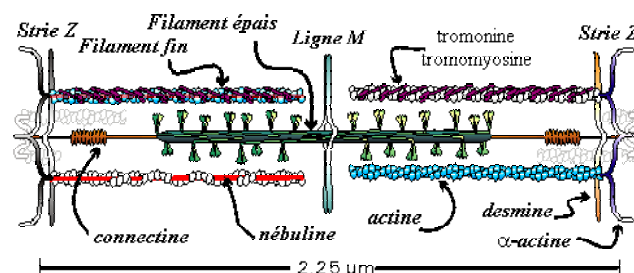


Figure 2 : Protéines contractiles et squelette cellulaire du sarcomère.

L'échauffement agit sur chacune d'entre elles et a donc des répercussions sur la réaction du muscle à l'exercice physique.

#### **Influence sur la force musculaire**

Il a été montré que la force isométrique maximale, produite par le muscle à sa longueur de repos<sup>7</sup>, augmentait de 2% par degré de température. Ainsi, l'augmentation de la température entraîne une amélioration des capacités du muscle à produire une force maximale.

<sup>3</sup> Elle peut malgré tout s'avérer utile lorsqu'il s'agit de réguler la température corporelle, notamment dans des ambiances froides.

<sup>4</sup> Unité anatomique du muscle situé entre deux bandes Z.

<sup>5</sup> Voir aussi l'article de Schaab et Colombo, *Gym'Technic*, n°4, p.26, juillet-août 1993.

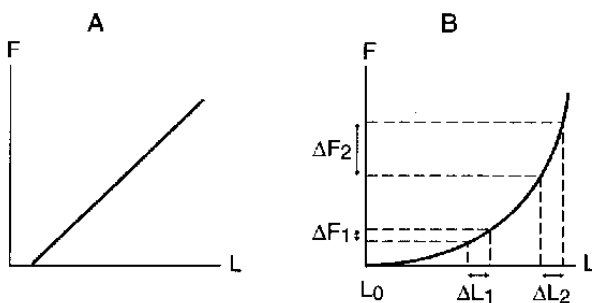
<sup>6</sup> La *myosine* et l'*actine* sont les deux protéines musculaires qui, en s'attachant l'une à l'autre grâce à l'énergie de l'Adénosine TriPhosphate ou ATP, sont responsables de la création de force au sein des fibres musculaires et de leur raccourcissement ou allongement en fonction des conditions mécaniques.

<sup>7</sup> Longueur habituelle du muscle lorsque celui-ci ne subit aucune stimulation.

### Influence sur la viscoélasticité musculaire (muscle au repos)

Faisons un petit rappel biomécanique avant de parler de l'effet de la température sur la viscoélasticité musculaire.

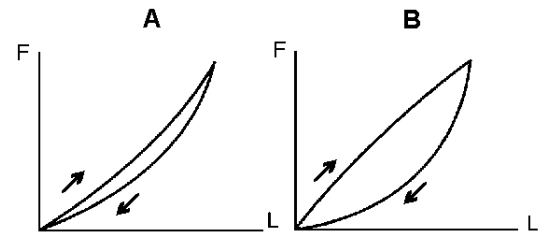
Lorsqu'on tire sur les deux extrémités d'un élastique, il se produit une tension proportionnelle à la force de traction. Dans ce cas, la relation liant la variation de force à la variation de longueur est linéaire et parfaitement réversible (Figure 3a). La pente de cette droite représente ce que l'on appelle la *raideur* ( $\Delta F/\Delta L$ ). Son inverse est l'*extensibilité* ou *compliance* ( $\Delta L/\Delta F$ ). Mais, cette relation n'est pas toujours linéaire : la force s'opposant à l'étirement peut devenir de plus en plus élevée. C'est ce qui se passe lorsqu'on étire un muscle au repos. **La variation de force augmente plus rapidement que la variation d'étirement.** Ainsi, pour une même variation d'étirement ( $\Delta L_1 = \Delta L_2$ ), on peut obtenir deux forces différentes ( $\Delta F_1 < \Delta F_2$ ) (cf. Figure 3b).



**Figure 3 : Relations force-longueur d'une structure élastique.** (A) Comportement linéaire d'un élastique « parfait » : longueur et force évoluent de façon proportionnelle. (B) Comportement non-linéaire d'une structure élastique telle que le muscle au repos : pour une même variation de longueur, la force est plus importante pour une grande longueur d'étirement que pour une faible longueur d'étirement (D'après Goubel et Lenseil-Corbeil, 1998).

La *vitesse* à laquelle l'étirement est réalisé et le *traitement mécanique antérieur* (degré d'allongement) du muscle ont eux aussi leur importance. **Plus l'étirement est rapide, plus la résistance est élevée**, comme si quelque chose s'opposait à l'allongement de façon d'autant plus forte que à la vitesse appliquée est importante. Ce phénomène est connu sous le nom de **viscosité**<sup>8</sup>. Ainsi, selon qu'on se trouve en phase d'allongement ou de relâchement, la force de tension ne sera pas la même, et les courbes à l'aller et au retour ne vont plus se chevaucher. Ce phénomène est appelé **hystérésis** (Figure 4).

Cette résistance à l'allongement siège à différents endroits du muscle : la trame de tissu conjonctif enveloppant les différents éléments anatomiques du muscle dont les fibres élastiques sont progressivement recrutées (principalement le squelette cellulaire, le sarcolemme et les enveloppes conjonctives --, endomysium, épimysium, péri-mysium -- qui s'unissent ensuite pour former les tendons).



**Figure 4 : Relation Force-Longueur, indiquant le phénomène d'hystérésis.** Cette figure montre ce qui se passe durant (A) un étirement lent et (B) durant un étirement rapide (D'après Goubel et Lenseil-Corbeil, 1998).

L'augmentation de température permet de diminuer la force que l'on doit exercer pour étirer le muscle à une longueur donnée et diminuer le temps de relaxation musculaire. En d'autres termes, **lorsque la température interne du muscle augmente, celui-ci est plus facile à étirer lorsqu'il est chaud (diminution de la viscoélasticité) et il met moins de temps à revenir à sa longueur initiale (relaxation plus rapide).** L'optimum de ces effets est atteint à partir de 35°C chez le rat. Aucune mesure n'est disponible chez l'homme. Il existe évidemment des différences en fonction des muscles suivant leur composition en fibres musculaire, lentes et/ou rapides. Mais les effets sont néanmoins significatifs quel que soit le type de fibres.

Ces effets sont liés à la **propriété thixotropique du muscle**. La thixotropie est une propriété attribuée à certains gels, et qui pourraient correspondre à ce que l'on observe au niveau du muscle. Un gel devient plus fluide quand la bouteille dans laquelle il est enfermé est secouée (pensez par exemple à une certaine sauce tomate qui coule plus facilement de sa bouteille lorsque celle-ci a été remuée énergiquement au préalable). A l'inverse, si la bouteille reste inutilisée pendant un certain temps, le gel sort à nouveau difficilement. L'augmentation de raideur musculaire pourrait se faire selon un mécanisme qualitativement similaire. Le réarrangement moléculaire dans le muscle peut impliquer le développement de liens stables entre les filaments d'actine et de myosine. Avec l'inactivité, le nombre de liens entre ces filaments augmente et avec eux la raideur musculaire. Cependant, avec un bref étirement ou une période d'activité physique, plusieurs liens, sinon tous, sont brisés et la raideur musculaire diminue. En effet, les mouvements moléculaires sont facilités par l'augmentation de température. L'un des objectifs de l'échauffement serait donc de minimiser la raideur musculaire en mobilisant les principaux groupes musculaires, tout en conservant une tension optimale pour la transmission des forces. L'échauffement perturbe les liens actine-myosine qui se sont développés au repos et réduit ainsi la raideur passive du muscle. Le fait que nous préférons commencer une activité ou un mouvement par un échauffement impliquerait que le système nerveux préfère contrôler le muscle quand il possède une raideur passive minimal. A l'opposé, une augmentation de raideur due à l'inactivité rend les muscles moins réceptifs aux perturbations et peut rendre le contrôle postural plus facile.

<sup>8</sup> On utilise ce principe pour freiner la chute du hayon des coffres de voiture afin de ne pas les recevoir sur la tête... du moins quand ça fonctionne !

### Influence sur la relation Force-Vitesse (muscle actif)

La température a un effet sur la relation force-vitesse. Cette relation montre que la vitesse maximale à laquelle un muscle se raccourcit dépend de la force qui lui est opposée ; en d'autres termes, plus la charge à mobiliser est lourde plus la vitesse maximale de raccourcissement est faible (Figure 5).

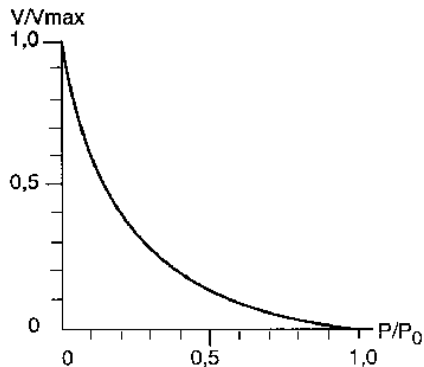


Figure 5 : Relation Force-Vitesse pour les contractions de type concentrique (tension musculaire maximale avec raccourcissement du muscle).  $V/V_{max}$  : vitesse de raccourcissement normalisée par rapport à la vitesse maximale.  $P/P_0$  : force normalisée par rapport à la force isométrique maximale. Résultats obtenus sur le muscle couturier de grenouille (D'après Hill, 1964).

C'est une expérience que l'on fait quotidiennement : on bougera plus rapidement un crayon qu'un sac de ciment de 30 kg ! Lors de l'échauffement, l'élévation de température va entraîner une augmentation de la vitesse de raccourcissement musculaire (Figure 6). Ainsi, il devient plus aisé de mobiliser les muscles (et les segments corporels) lorsque leur température est suffisamment élevée.

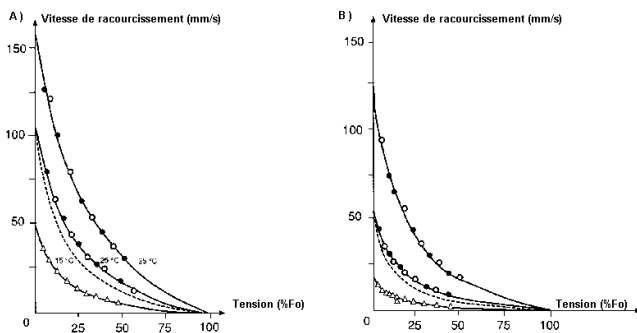


Figure 6 : Influence de la température du muscle sur la relation Force-Vitesse. La relation Force-Vitesse est représentative du comportement actif du muscle (courbe en pointillés à 20°C). Celle-ci a été établie pour deux muscles A) l'extenseur long des doigts (muscle rapide) et B) le soléaire (muscle lent) chez le rat nouveau-né. L'influence de la température se fait tant au niveau de sa diminution que son élévation : une ambiance trop froide ou une ambiance trop chaude a une influence sur la rapidité à laquelle se contracte le muscle. (On notera la différence d'échelle au niveau de la vitesse liée à la différence de type de fibres entrant dans la composition de chacun des muscles.) (D'après Ranatunga, 1984).

### □ Au niveau des facteurs nerveux

Cette modification de la vitesse de raccourcissement est concomitante à celle qui se produit au niveau de la conduction de l'influx nerveux. Ce dernier est transporté

plus rapidement le long des nerfs moteurs à mesure que la température augmente. La commande motrice arrive donc plus vite au muscle. **Cette augmentation de l'excitabilité du muscle** (liée à l'augmentation de la vitesse de conduction nerveuse) **est d'environ 20% pour une augmentation de 2°C de la température corporelle.**

Cette sensibilité de la vitesse maximale de contraction varie en fonction du type de fibres : elle est plus importante pour les fibres lentes que pour les fibres rapides ; plus la température diminue et plus la vitesse maximale de contraction augmente (les muscles mettent plus de temps à se contracter), et ce, dans des proportions plus importantes pour les fibres lentes. Dans le même temps, **la sensibilité de certains capteurs situés dans nos muscles (fuseaux neuromusculaires) augmente également avec l'augmentation de la température.**

Cela permet d'expliquer la sensation que l'on a de mieux contrôler ses muscles avec l'élévation de température corporelle et surtout de mieux coordonner leurs activités lors de la réalisation d'une tâche motrice donnée, notamment celle impliquant le développement d'une force en un minimum de temps (puissance).

### □ Températures corporelles

Les effets sur l'élévation de la température corporelle sont clairs. Il n'en va pas de même pour le facteur « temps » qui tient une place importante dans l'efficacité des autres effets dont il a été question plus haut. Pourquoi ?

Notre température corporelle correspond à la somme des températures de toutes les parties qui composent notre corps. Ces différentes parties ont donc des températures différentes. La peau est généralement la plus froide de toutes puisqu'elle est située à la périphérie. A l'opposé, les territoires centraux de notre organisme sont les plus chauds. Cette différence de *gradient thermique* fait que l'écoulement de la chaleur va se faire des zones chaudes (centrales) vers les zones froides (périphériques). Ainsi, dans notre organisme, on distingue deux compartiments entre lesquels s'opèrent ces transferts : le *noyau*, produisant la chaleur ; la *périphérie*, voie par laquelle la chaleur est éliminée dans l'environnement<sup>9</sup>.

Le transfert de la chaleur se fait en deux étapes : la première est un flux qui va du noyau vers la périphérie et la seconde est un flux de la périphérie vers le milieu extérieur. Si ces deux flux sont égaux au repos, ils ne le sont plus durant l'exercice physique. Ce dernier constitue une **contrainte thermique** interne importante pour notre organisme qui doit tout mettre en œuvre pour que la chaleur ne s'accumule pas au niveau central.

Malheureusement, ces transferts thermiques ont des vitesses différentes selon les tissus et organes qu'ils traversent. Il en résulte une **inertie dans le transport de chaleur entre compartiment central et compartiment périphérique.**

Cette inertie est, en partie, à l'origine de la différence de température entre le noyau et la périphérie tant au repos que durant l'exercice physique. Par exemple, pendant un échauffement de 30 min, **il faut environ 25 à 30 min pour que la température des muscles atteigne les 38°C alors que la celle du noyau central est de 39°C en 10 min seulement** (Figure 7).

<sup>9</sup> On considère que la production de chaleur de la peau est quantité négligeable comparée à celle de nos viscères et de nos muscles.

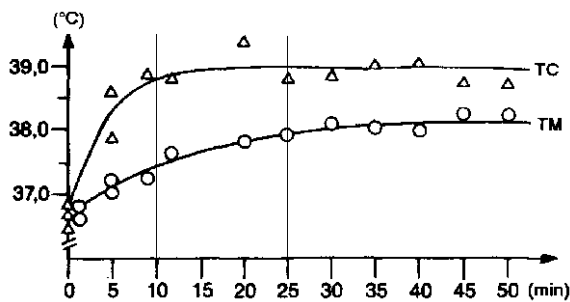


Figure 7 : Températures du noyau central et température musculaire au cours d'un échauffement de 30 min. (modifié d'après Asmussen et Bøje, 1945 In Weineck 1992). L'enregistrement de la température du noyau central et de la température musculaire montre qu'elles augmentent de façon curvilinéaire. Ceci permet de conclure qu'il existe une certaine inertie de cette augmentation et que celle-ci est différente selon l'endroit où est fait la mesure. Ainsi, la température musculaire met plus de temps à monter que la température du noyau central.

La conclusion s'impose d'elle-même : ce n'est pas parce que l'on a chaud et/ou que l'on transpire (signe d'une élévation de la température centrale) que les muscles eux-mêmes ont une température propice à l'exercice. Les grosses masses musculaires étant situées à la périphérie, il leur faut plus de temps pour s'échauffer. On peut faciliter l'élévation de la température musculaire grâce au port de vêtements appropriés au milieu dans lequel on pratique son activité physique (limitation des pertes de chaleur).

## Principes à respecter

Tout ceci nous amène aux deux grands principes que nous préconisons systématiquement et qui vont permettre d'optimiser l'organisation de l'échauffement. Ils s'articulent autour de deux problèmes liés à la façon dont il est habituellement géré.

Si l'on reprend l'exemple d'organisation donné au début de l'article, on s'aperçoit que la partie « dynamique » (très active) est au début de l'échauffement, la « pseudo-dynamique » (moyennement active) est au milieu et la partie « statique » (passive) à la fin. En résumé, l'intensité des exercices diminue à mesure que l'on avance dans l'échauffement. Ceci entraîne une **diminution progressive de la température corporelle une fois la phase dynamique terminée et va à l'encontre de l'objectif principal de l'échauffement qui est justement d'augmenter cette température.**

De plus, certains exercices « pseudo-dynamiques » et « statiques » peuvent être considérés comme inappropriés voire inutiles compte tenu de l'objectif principal (élévation de la température), tout du moins dans la forme où on les rencontre habituellement.

Prenons un exemple courant : l'entraîneur propose aux gymnastes de faire une série dynamique composée de courses, de sauts de lapin, etc. Dix minutes plus tard, il leur fait « échauffer » leurs poignets et leurs chevilles. Un peu plus tard, il les fait mettre en position d'écrasement facial ou de grand écart. Cela suscite plusieurs remarques.

### □ Pertinence des exercices statiques

La *première* est que cet entraîneur a une méconnaissance évidente de l'anatomie et de la physiologie : une articulation n'est pas un muscle, elle ne peut être en aucun cas « échauffée », tout au plus mobilisée.

La *seconde* est en rapport avec les exercices choisis : comment justifier cette sollicitation de deux articulations de façon statique à ce moment de l'échauffement (généralement assis par-terre à tourner ses chevilles ou à quatre-pattes à s'appuyer alternativement sur chacun des poignets) alors qu'elles ont été mobilisées précédemment dans les exercices dynamiques de façon plus efficace ? En effet, la course mobilise les chevilles et les sauts de lapin (ou variantes) à la fois poignets et chevilles, et ce, de façon **plus dynamique, donc plus proche des sollicitations de la séance à venir.** Et effet, le seul moyen de préparer une articulation est de la soumettre à une charge qui va provoquer une adaptation des cartilages. Lors de l'échauffement, ils augmentent d'épaisseur (12-13%) par un phénomène d'absorption de liquide intra-articulaire e du canal médullaire des os ; c'est en quelque sorte un gonflement fonctionnel. Ce phénomène confère au cartilage une meilleure résistance mécanique (meilleure élasticité, résistance aux pressions et aux cisaillements) et lui permet de jouer le rôle d'amortisseur. Malheureusement, il est transitoire : il se prolonge entre 10 et 30 min après l'exercice.

De plus, cette redondance d'exercices « statiques » par rapport aux exercices plus « dynamiques » met les gymnastes dans des situations où le corps est beaucoup moins sollicité. Cela entraîne une baisse de la température corporelle, et ce, d'autant plus si l'on s'attarde sur ces exercices « statiques ».

### □ Pertinence du travail de souplesse

La *troisième* concerne les exercices de souplesse.

La souplesse est une qualité physique qui se mesure par l'amplitude maximale articulaire. On l'améliore en utilisant deux techniques bien distinctes : l'une vise essentiellement les structures musculaires, les *étirements*, l'autre cible les structures articulaires et péri-articulaires, les *assouplissements*.

Lors de l'échauffement, il n'est nullement question de travailler aux amplitudes maximales comme pendant une séance spécifique de souplesse. Il s'agit plutôt de faire en sorte que les muscles soient mobilisés de telle sorte que l'amplitude sera atteinte sans vouloir à tout prix forcer l'allongement musculaire (dépassement du seuil de douleur). En effet, étant en cours d'échauffement, l'état actuel du muscle ne permet pas d'atteindre ces hauts degrés de mobilisation (trop de raideur, de viscoélasticité, etc.).

Partant de là, **il est inapproprié de faire faire des assouplissements pendant un échauffement.** (Le meilleur moment étant après la séance d'entraînement ou au cours d'une séance spécifique en dehors de la séance d'entraînement cf. article sur la souplesse disponible sur le site Web de l'auteur).

Par ailleurs, plusieurs travaux récents remettent en cause la nécessité de faire des *étirements statiques* tant *passifs* (d'une durée supérieure à 30 sec) ou *actifs* (contracter-relâcher par exemple). Il a en effet été démontré qu'ils entraînaient une diminution importante de la force et de la puissance musculaire. Ce genre d'étirements entraîne également un effet antalgique qui va empêcher de ressentir certaines douleurs qui normalement permettent de ne pas dépasser un seuil d'intensité nocif pour l'organisme.

Néanmoins, si l'on veut vraiment inclure des étirements **durant l'échauffement**, on utilisera de préférence les

**étirements statiques passifs de courte durée (10 s) sans dépasser la longueur où apparaît la première sensation de douleur.** Ces étirements ne provoquent pas en théorie les effets néfastes cités plus haut. Reste à organiser tous ces différents types d'exercices durant l'échauffement pour obtenir un résultat optimal. Rien de bien difficile à condition de respecter les deux principes suivants.

#### □ *Progressivité*

Afin faciliter la mise en place des mécanismes thermorégulateurs et de permettre à l'organisme de passer d'une phase de repos relatif à une phase d'activité intense, il est préférable de faire **augmenter progressivement l'intensité des exercices dynamiques**, en plaçant en fin d'échauffement ceux qui semblent les plus contraignants au niveau énergétique (voire au niveau technique lorsqu'il s'agit d'un travail de coordination spécifique).

La course s'avère incontournable car elle peut, dans un premier temps, être réalisée à faible intensité. Elle mobilise les plus grosses masses musculaires de l'organisme et facilite l'élévation de la température corporelle.

On pourra passer ensuite à d'autres formes de courses plus rapides et de sauts, multi-bonds, etc.

La durée cumulée minimale sera de 15 à 25 minutes (selon l'intensité) afin de permettre aux différents mécanismes physiologiques que nous avons détaillé de se mettre en place.

#### □ *Alternance*

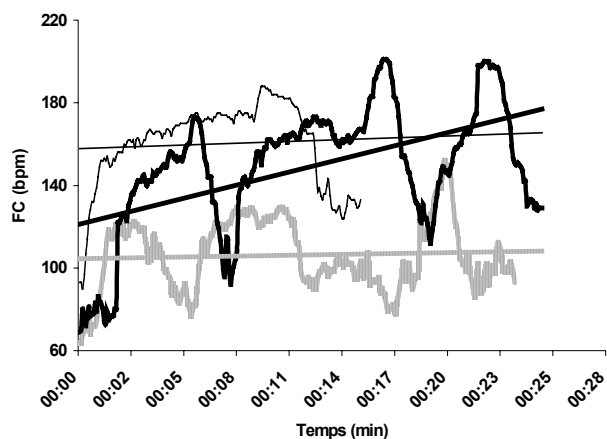
Pour ne pas voir la température baisser, il est conseillé d'**alterner les différents types d'exercices** (« dynamiques » ou « pseudo-dynamiques » et « statiques »).

Cette alternance permet de respecter le principe d'augmentation progressive de l'intensité de la température tout en laissant le soin d'aménager des phases où l'on pratiquera si on le désire des étirements comme décrits précédemment ou des exercices statiques, mais également des exercices chorégraphiques..

### Exemples d'organisation d'un échauffement général

La Figure 8 montre trois exemples d'organisation d'échauffement réalisés par un groupe d'étudiants en première année de DEUG STAPS<sup>10</sup> et qui n'avaient *a priori* aucune connaissance solide en physiologie et/ou anatomie. La seule consigne donnée était de faire un échauffement d'une durée d'au moins 25 min. L'un des étudiants préparait l'échauffement pour la séance suivante et faisait exactement ce qu'il avait programmé avec le reste du groupe.

Au cours de chacun des échauffements, la fréquence cardiaque (FC) a été enregistrée à l'aide un cardiofréquencemètre afin d'avoir une idée des sollicitations qu'imposait ces échauffements à l'organisme d'un point de vue général. Les trois droites de régression ajoutées à ces courbes permettent d'avoir un indice sur la tendance de l'intensité des exercices pendant l'échauffement.



**Figure 8 :** Effet de l'organisation de l'échauffement sur la FC. Trois enregistrements de la FC (avec un cardiofréquencemètre) ont été réalisés au cours de trois échauffements (20-25 min) d'organisation différente. Le *premier* correspond à un échauffement massé et de forte intensité (trait fin) ; le *second* à un échauffement alterné et de faible intensité (trait gris épais) ; le *troisième* à un échauffement progressif et alterné (trait noir épais). En abscisse, il y a le temps en min et en ordonnée la FC en battements par minutes. Les trois droites de régression de même symbole sont ajustées sur les valeurs de la FC pour montrer la tendance générale durant l'échauffement.

Le *premier* échauffement (courbe de FC et droite régression en trait fin) a été organisé de façon massée (tous les exercices dynamiques au début et les exercices d'étirements à la fin) avec d'emblée une intensité très élevée. Résultat, celui-ci a été arrêté prématurément car les étudiants ne pouvaient plus suivre la cadence.

Le *second* (courbe de FC et droite de régression en trait gris épais) a été organisé en respectant une certaine alternance mais sans respecter la progressivité au niveau de l'intensité. Les étudiants ayant participé à celui-ci ont recommencé à s'échauffer eux-mêmes pour palier aux faiblesses d'intensité et être prêts pour la séance à venir.

Le *troisième* (courbe de FC et droite de régression en trait noir épais) a été fait après le cours sur l'échauffement. On voit clairement les différentes phases (alternance) et l'augmentation générale de l'intensité (progressivité) des exercices dynamiques. De leur point de vue, ces étudiants étaient mieux préparés à la séance en elle-même qu'au cours des deux premiers échauffements réalisés les semaines précédentes.

Par conséquent, les critères tant objectifs que subjectifs suggèrent d'utiliser de façon systématique ce type d'organisation.

### Prise en charge de l'échauffement

Le dernier conseil que l'on pourrait donner est que **l'échauffement doit impérativement être pris en charge par l'entraîneur** afin d'être sûr de son efficacité, et ceci est d'autant plus vrai que les gymnastes sont jeunes.

En grandissant, les enfants aiment qu'on leur confie certaines responsabilités. Cela peut être justement l'occasion de commencer à leur apprendre comment s'échauffer de façon efficace. Avec l'âge, certains pourront **prendre en charge différentes phases de l'échauffement** à condition qu'ils (elles) aient **bien assimilé les objectifs visés** et/ou mémorisés la façon d'y parvenir.

<sup>10</sup> STAPS : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives.

Une fois que ces principes seront assimilés (et si l'on commence assez tôt), on peut envisager la possibilité d'un échauffement quasi autonome avec des minimes-cadet(te)s... à condition que soient toujours respectés lesdits principes.

Par ailleurs, **l'échauffement est une phase privilégiée de la séance** dans la mesure où c'est le premier contact entre l'entraîneur et son groupe. Le fait de prendre en charge soi-même le groupe dès le début et de mener à bien cette préparation physique et psychologique à la séance (mise en confiance, prise en main de son corps en intégrant les sensations liées aux mouvements, etc.) va avoir des répercussions sur la dynamique de la séance qui va suivre. Un bon échauffement aura plus de chance de conduire à une bonne séance (où les gymnastes vont vraiment s'invertir) qu'un mauvais échauffement dont l'organisation et le rythme laissent à désirer.

## Conclusion

Une littérature abondante existe pour justifier, d'un point de vue physiologique, les **principes (alternance et progressivité)** que nous préconisons, concernant l'organisation de l'échauffement en vue d'optimiser son effet au niveau de l'organisme et faire en sorte que le (la) gymnaste soit **réellement** préparé(e) à la séance qui va suivre.

Ces principes ont émergé spontanément et de façon logique de l'analyse réalisée sur cette littérature mais aussi d'expériences menées sur le terrain. Ils ont été éprouvés ces cinq dernières années de cours où les étudiants de

DEUG STAPS sont initiés aux *techniques de gestion de l'exercice physique*.

Ces étudiants, pour la plupart entraîneurs en club, échauffaient leur équipe ou s'échauffait eux-même suivant les modèles appris de leurs aînés, sans même s'interroger sur le bien fondé de ces modèles. Ce dénominateur commun nous a profondément surpris compte tenu du fait que ces personnes pratiquaient des activités sportives n'ayant pas forcément les mêmes contraintes et les mêmes objectifs. Ce n'est pas pour autant qu'ils sont devenus de mauvais sportifs ou qu'ils n'ont pas fait de sport à un niveau élevé.

Malgré tout, la carrière d'un athlète commence, dès le plus jeune âge, par une gestion de son potentiel physique et de la préparation physique à l'entraînement. L'échauffement fait partie intégrante de cette préparation. C'est pourquoi il ne faut en rien négliger son importance et s'attacher à faire en sorte qu'il soit ou devienne enfin ce qu'il aurait toujours du être.

## Bibliographie :

Nous invitons les lecteurs à consulter notre site Web car les références sont nombreuses (environ une cinquantaine) : [www.sciensport.net](http://www.sciensport.net), dans la rubrique « Pratique » de la page d'accueil. Nous y mettons à disposition des étudiants STAPS Parsi XII de Créteil une partie de nos cours.

## Comment pour optimiser l'échauffement ?

1. Faire durer l'échauffement de 20 à 30 min.
2. Commencer par mobiliser les plus grosses masses musculaires avec une course à allure modérée (5-10 min).
3. Passer ensuite à des exercices dynamiques ou pseudo-dynamiques (10-15 min en cumul) :
  - des exercices de course plus rapide, de sauts, multi-bonds pour augmenter la température interne,
  - des exercices de quadrupédie mobilisant les autres parties hautes du corps,
  - des exercices mobilisant principalement les membres supérieurs.
4. Alternier les exercices précédents avec des exercices plus axés sur le travail postural ou technique (par exemple ATR, battement, saut gymnique) (5-10 min en cumul).
5. Faire en sorte que les exercices dynamiques augmentent progressivement en intensité tout au long de l'échauffement.
6. Ne pas s'attarder plus de 1 min par exercice dynamique afin d'éviter la monotonie.
7. Éviter les étirements statiques actifs ou passifs répétés de longue durée si la séance fait intervenir principalement le travail de force
8. Éviter systématiquement les étirements dynamiques (étirement avec rebonds ou battements de jambe à amplitude maximale, par exemple).
9. Dans les étirements statiques, étirer les muscles en de-ça du seuil d'amplitude à partir duquel apparaît une vive douleur musculaire (maxi 10 sec par posture).
10. Diriger soi-même l'échauffement afin de contrôler rigoureusement sa dynamique et son efficacité.